

GRUNDZÜGE

DER

PHYSIOLOGIE DES MENSCHEN.

GRUNDZÜGE

DER

PHYSIOLOGIE DES MENSCHEN

MIT RÜCKSICHT AUF DIE

GESUNDHEITSPFLEGE UND DAS PRAKTISCHE BEDÜRFNISS DES ARZTES

BEARBEITET

VON

DR. JOHANNES RANKE,

PRIVATDOCENT DER PHYSIOLOGIE IN MÜNCHEN.

MIT 207 HOLZSCHNITTEN UND EINEM VOLLSTÄNDIGEN REGISTER.

LEIPZIG,

VERLAG VON WILHELM ENGELMANN.

1868.

I.

Allgemeine Inhalts-Anzeige.

I. Die Physiologie der animalen Zelle.

II. Die Physiologie der Ernährung.

4. Capitel: Die Nahrungsmittel.

5. Capitel: Die Gesetze der Ernährung.

6. Capitel: Veränderungen der Nahrungsstoffe in der Mundhöhle.

7. Capitel: Der Verdauungsvorgang im Magen.

8. Capitel: Verdauungsvorgänge im Darm.

III. Die Physiologie des Blutes.

I. Das Blut.

II. Ausscheidungen aus dem Blute.

Seite

15. Capitel: Die Nieren und der Harn.

16. Capitel: Haut und Schweissbildung. Hauttalg.

IV. Die Physiologie der Krafterzeugung des Gesammtorganismus.

I. Thierische Wärme.

17. Capitel: Die Wärmeerzeugung des menschlichen Organismus.

II. Die Arbeitsleistung der Knochen, Muskeln und Nerven.

18. Capitel: Das Skelet und seine Bewegungen.

III. Thierische Elektricität.

II.

Zusammenstellung

der

Bemerkungen zu einer physiologischen Gesundheitspflege.

II. Beziehungen der Wohnung zur Gesundheit.

III. Die Ernährungseinflüsse auf die Gesundheit.

A. Nahrungsmittel:

III.

Zusammenstellung

der

für den Arzt wichtigsten

Manipulationen der physiologischen Technik.

(Medicinische Chemie und medicinische Physik.)

I. Medicinische Chemie und Mikroskopie.

IV.

Register der Abbildungen.

Die mit *K.* und *F.* bezeichneten Holzschnitte sind den ausgezeichneten histologischen Werken von Kölliker *(K.)* und Frey *(F.)* entnommen und spreche ich den Herrn Verfassern meinen herzlichen Dank aus für die gütige Erlaubniss, von ihren Holzschnitten Gebrauch machen zu dürfen; die 50 unbezeichneten Holzschnitte sind neu angefertigt worden.

Sinnstörende vor dem Lesen zu verbessernde Druckfehler:

Seite 139	Zeile 7	von unten	statt	Extractivstoffe	zu lesen	Wasser.
- 362	- 29	- -	-	Hameberg	-	Henneberg.
- 478	- 25	- -	nach	Vorläufer	einzuschalten	vorausgeht.
- 466	- 27	- -	statt	44,5⁰ R.	zu lesen	44,5⁰ C.
- 495	- 23	- -	-	organische	-	anorganische.

I.

Die

Physiologie der animalen Zelle.

Erstes Capitel.

Von der Gestalt der Zelle, ihrer Entstehung und Umbildung.

Schema der Zelle.

Aristoteles, der Begründer der exacten Forschungsmethode in den Naturwissenschaften, sagt in seinem Buche über die Theile der Thiere, dass der Mensch, der Gegenstand unserer fortwährenden Betrachtung, das unbekannteste Naturobject sei in Beziehung auf seinen inneren Bau.

Jene missverstandene religiöse Scheu, welche im Alterthum die Zergliederung des menschlichen Leibes unmöglich zu machen schien, ist dem natürlichen Interesse der Selbsterkenntniss, dem Wissensbedürfniss des Arztes gewichen, der ja nothwendig den Bau und die Leistungen der Organe des menschlichen Körpers kennen musste, um hoffen zu können, dass es ihm möglich sein würde, in diesen Richtungen eingetretene Störungen — Krankheiten — wieder zur Norm zurückzuführen. Es gab bald kein Naturobject, welches wenigstens in seinen gröberen Verhältnissen so gründlich durchforscht und auch erkannt gewesen wäre, als der Körper des Menschen; schon zu Ende des vergangenen Jahrhunderts schien die Frage nach dem inneren Bau des Menschen vollkommen erledigt.

Unserer Zeit ist es gelungen, nachdem sie mit verbesserten Untersuchungshülfsmitteln von neuem an die Frage herangetreten war, auch hierin einen entscheidenden Fortschritt zu machen. Während man früher bei den betreffenden Untersuchungen nur zu einer grösseren Anzahl verschiedener Formen, aus denen sich der Körper zusammensetze, gelangen konnte, ist es vor wenig Jahrzehnten geglückt, das allgemeine Formgesetz aufzufinden, nach welchem sich in allen jenen Verschiedenheiten eine überraschende Gemeinsamkeit ergibt.

Die Wissenschaft vom Körper des Menschen, von seinem Bau und seinen Verrichtungen verdankt ihre grossen Fortschritte, die sie in der letzten Zeit zu einer früher ungeahnten Vollkommenheit geführt haben, allein den vorausgegangenen Entdeckungen der Chemie und Physik. Jede neue Errungenschaft auf jenen Gebieten trägt hier ihre Früchte. Für die Verhältnisse, die wir zuerst zu betrachten haben, war es die Entdeckung des zusammengesetzten Mikroskopes mit dessen Hülfe die entscheidenden Resultate gewonnen werden konnten.

Die grösste Entdeckung, welche wir dem Mikroskope verdanken, ist zunächst nicht, wie es auf den ersten Blick erscheinen könnte, die, dass es uns mit Hülfe seiner optischen Vergrösserung eine neue Welt mikroskopisch-kleiner Organismen eröffnete; als der grösste Erwerb mit seiner Beihülfe muss die Erkenntniss der einfachen Elementarstructur des menschlichen Körpers und mit ihm der gesammten organisirten Natur angesprochen werden.

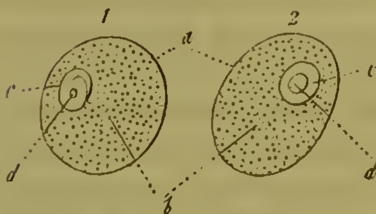
Dem, der sich ein nur annähernd richtiges Bild machen kann von der Mannigfaltigkeit der Thier- und Pflanzenformen, vom Menschen bis hinab zu den kleinen, mit unbewaffnetem Auge nicht mehr sichtbaren Thierchen, von der Eiche bis zu dem mikroskopischen Pflänzchen, das als grüner Anflug in stehendem Wasser wächst, muss es im höchsten Grade Erstaunen einflössen, wenn die Wissenschaft lehrt, dass diese Menge ihm so grundverschieden dünkender Erscheinungsformen nach Einem Plane gebaut sei; wenn sie behauptet, dass eine Zusammenhäufung ein und derselben elementaren Grundform von mikroskopischer Kleinheit diese Welt von Mannigfaltigkeiten zusammensetzt.

Die Wissenschaft geht noch weiter, indem sie lehrt, dass jede dieser einzelnen, den thierischen und pflanzlichen Leib aufbauenden Grundformen als ein eigener, im Wesentlichen abgeschlossener Organismus betrachtet werden müsse. Der Organismus des Thieres und der Pflanze hörte damit bis zu einem gewissen Grade auf, eine in sich geschlossene Einheit darzustellen. Er ist ein Aggregat jener Grundformen der Organisation, die wir als Grund- oder Urorganismen bezeichnen müssen. Die Wissenschaft legt ihnen den von der Botanik entnommenen Namen Zellen bei. Im Folgenden werden wir uns ausschliesslich auf die animale Zelle und ihre Betrachtung beschränken.

Die zahllosen, einen irgend grösseren Organismus zusammensetzenden Zellen führen auch in dieser Vereinigung eine unverkennbare Sonderexistenz. Wir sehen sie jede einzelne für sich entstehen, wachsen, sich fortpflanzen, erkranken, zu Grunde gehen, ohne dass der übrige Gesammtorganismus an diesen Einzelschicksalen eines seiner Grundtheilchen weiteren Antheil nehmen müsste. Das individuelle Leben jeder einzelnen Zelle gibt sich in eigenen, besonderen Thätigkeiten zu erkennen. Das Gesammtleben, die Gesammtthätigkeiten des grossen Organismus sind das Resultat des Einzellebens, der Einzelthätigkeiten aller ihn zusammensetzender Zellen. Es wird unsere Aufgabe sein, das Leben der Zelle möglichst nach allen Richtungen zuvor zu erforschen, wenn es uns gelingen soll, die Gesammtfunctionen eines grösseren Organismus, in unserem Falle des menschlichen Leibes, kennen und verstehen zu lernen.

Die Grundform der Zelle ist die eines kugeligen, kernhaltigen, mikroskopischen Bläschens (Fig. 1.).

Fig. 1. (*F.*)



Kuglige Zellen. *a.* Zellmembran. *b.* Zelleninhalt. *c.* Kern. *d.* Kernkörperchen.

Der Gedanke, dass die zusammengesetzteren Bildungen des thierischen Organismus aus gleichartigen Bläschen beständen oder wenigstens sich daraus herleiteten, ist zuerst von der Naturphilosophie ausgesprochen worden. Oken legt ihn in seinem Programm über das Universum 1808 folgendermassen dar: »Der erste Uebergang des Unorganischen in das

Organische ist die Verwandlung in ein Bläschen, das ich in meiner Zeugungstheorie Infusorium genannt habe. Thiere und Pflanzen sind durchaus nichts anderes, als ein vielfach verzweigtes oder wiederholtes Bläschen, was ich auch seiner Zeit anatomisch beweisen werde.«

Exacte Forscher wie PURKINJE und VALENTIN haben zuerst auf die Realität dieser Structur der thierischen Organismen aus Bläschen hingedeutet; die wirkliche wissenschaftliche Reife erhielt aber diese Lehre erst durch die Untersuchungen von SCHWANN, der im Jahre 1839 mit der Schrift: »Mikroskopische Untersuchungen über die Uebereinstimmung in der Structur und dem Wachsthum der Thiere und Pflanzen« die Frage definitiv erledigte.

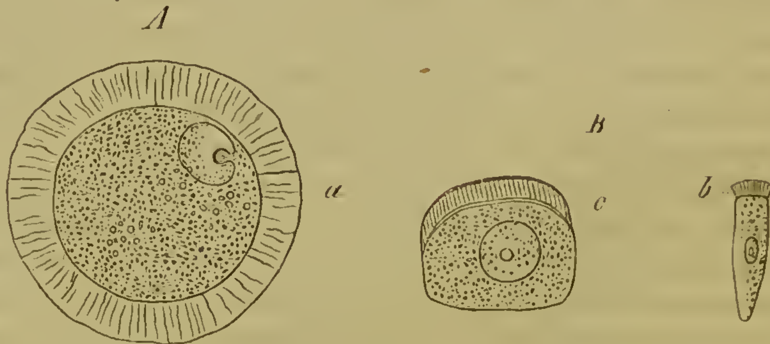
Die Bezeichnung »Zelle« für die genannten Bläschen rührt von der Achnlichkeit her, welche feine Schnittchen junger Pflanzentheile unter dem Mikroskope mit einem Querdurchschnitte durch eine Anzahl zusammenhängender Zellen einer Honigwabe zeigen. Die Bläschen zeigen wie die Bienenzellen auf dem Querdurchschnitt eine oft sehr regelmässige sechseckige Gestalt. Es bekommt dadurch das ganze Bild auch eine gewisse Achnlichkeit mit einem grobmaschigen Zeuge, das die Bezeichnung Gewebe für eine solche Zusammenordnung von Zellen zu rechtfertigen scheint, obwohl wenigstens bei den animalen Geweben diese Grundform sehr bedeutende Modificationen erleiden kann.

Für ein Bläschen scheint eine geschlossene Hülle, eine Haut oder Membran auf den ersten Blick das wesentliche Charakteristicum zu sein. Wirklich zeigen die meisten als Zellen angesprochenen Gebilde eine Umhüllung, welche sich deutlich von der übrigen Masse der Zelle unterscheidet. Diese Zellmembran zeigt in der hervorragendsten Mehrzahl der Fälle auch für unsere besten Mikroskope keine erkennbare Structur, sie scheint vollkommen homogen zu sein. Wir werden in der Folge unserer Betrachtungen auf Thatsachen stossen, die uns zwingend darauf hinweisen, nicht nur dass feine Porenöffnungen in der Zellenhülle enthalten sein müssen, welche den Ein- und Austritt von Stoffen in derZelle vermitteln; ja wir werden Andeutungen treffen, dass eine ganz bestimmte, mechanische Anordnung sich finden müsse, welche einen Gegensatz zwischen der Aussen- und Innenfläche in derselben statuirt. Als einzige Andeutung, dass es vielleicht später mit fortgeschritteneren Mikroskopen gelingen werde, einen solchen feineren Bau der Zellmembran aufzudecken, sind die Beobachtungen von Streifungen in den Membranen einiger Zellen zu nennen, die den Anschein feiner Durchbohrungen erwecken. So haben FUNKE und KOELLIKER derartige »Porencanäle« an den die Innenfläche des Darmes der Säugethiere auskleidenden Zellen und zwar an einem hellen Grenzsaum, der dem Darmlumen zugekehrt ist, aufgefunden. Auch bei anderen Zellen, besonders wenn sie eine Verdickung ihrer Membran zeigen, lassen sich derartige, auf feine Canälchen deutende Streifungen erkennen. O. SCHROEN beschreibt sie an den Zellen des Rete Malpighii der menschlichen Haut (Fig. 2.).

Die Zellmembran umschliesst einen bei verschiedenen Zellen sehr verschiedenen Inhalt. Im Allgemeinen zeigt letzterer sich flüssig, mehr oder weniger zäh, mit moleculären, körnigen mehr regelmässig angeordneten Gebilden versehen. Stets findet sich bei lebensfähigen Zellen innerhalb dieses

Inhaltes neben den kleineren, moleculären Körnchen central- oder wandständig stehend ein solid scheinender oder öfters auch bläschenförmiger Kern, der in seinem Innern noch ein oder mehrere kleinere meist stärker glänzende Körnchen, die sogenannten Kernkörperchen erkennen lässt.

Fig. 2.



A. Eierstocks-Ei vom Maulwurf; *a* die Dotterhaut mit den Porencanälen. *B.* Epithelzellen aus dem Darm, *c* und *b* einseitig verdickte Wand mit Porencanälen (nach Leydig). Starke Vergrösserung.

So unterscheiden wir also an dem Schema der Zelle eine kugelig gestaltete, bläschenartige Membran mit einer bestimmten, mikroskopisch jedoch bis jetzt kaum nachweisbaren Structur, einen mehr oder weniger dickflüssigen Inhalt meist mit ganz kleinen eingestreuten Körnchen und einen grösseren Kern mit ein oder mehreren Kernkörperchen.

Es kommt hier und da vor, dass von diesen einzelnen die Zelle zusammensetzenden Stücken eines oder das andere mangelt, ohne dass dadurch das Ganze aufhörte, eine Zelle zu sein. Am häufigsten scheinen die Kernkörperchen zu fehlen, oder wenigstens sich nicht deutlich von der übrigen Masse des Kernes zu unterscheiden. Auch die Zellenmembran, scheinbar das charakteristischste Zellenorgan, ist manchmal nicht vorhanden; besonders fehlt sie bei sich bildenden Zellen wie bei den später zu besprechenden Furchungskugeln des Dotters, und doch müssen wir auch diese mikroskopischen Gebilde als Zellen bezeichnen.

Es bleiben also als absolut nothwendige Organe der Zelle nur der Kern und die ihn umlagernde, dickflüssige Masse, die man als Zelleninhalt, Protoplasma benennt. Alle Beobachtungen beweisen, dass der Kern von diesen beiden die hervorragendste Stelle einnimmt. Nicht nur sehen wir an sein Vorhandensein die Fähigkeit der Fortpflanzung der Zelle im Wesentlichen geknüpft; wir sehen auch das specifische Zellenleben selbst von ihm abhängen. Offenbar gehen von ihm die Stoffbewegungen in der Zelle aus, er ist nicht nur der mathematische Mittelpunct sondern auch die wirksame Mitte, auf welcher alle eigentlichen Lebensthätigkeiten der Zelle beruhen (Leydig). Ihm als einem gleichsam activ sich Bewegenden steht der ihn umlagernde Zelleninhalt als ein passiv Bewegtes gegenüber, das erst von ihm in die eigenthümliche Stoffbewegung der Zelle hineingezogen wird. Mehrere Beobachtungen der neuesten Zeit weisen darauf hin, dass der Zellkern zu den nervösen Organen zu zählen sei. In den Drüsenzellen (Speicheldrüsen), Ganglienzellen, Muskelzellen sehen wir die motorischen Nerven im Kern endi-

gen, diese ist nur eine knopf- oder plattenförmige Endanschwellung der Nerven. Zweifellos kommt ihm diese nervöse Dignität in allen Zellen zu. Der Zellinhalt kann wechseln und thut dies, wie wir erfahren werden, beständig, ohne dass dadurch die Zelle in ihren Lebensfunctionen Einbusse erleidet. Der Zellenkern ist im Stande allen den Lebenseigenschaften der Zelle nicht absolut schädlichen Stoffen, die in das Bereich seiner Kräftewirkung kommen und so lange sie sich in diesem befinden, das eigenthümliche Gepräge seiner Stoffbewegung aufzudrücken. So steht dem Zellenkern der Zelleninhalt als etwas an sich Ruhendes gegenüber; es ist einleuchtend, das die dem Kerne näheren Partien der ihn umlagernden Stoffe einen stärkeren Anstoss von ihm in seiner specifischen Richtung erhalten als die ihm ferner liegenden. Es entsteht somit ein neuer Gegensatz zwischen den inneren Theilen des Zelleninhaltes und den äusseren, mehr abgelegenen; letztere befinden sich ersteren gegenüber ebenfalls in dem Zustande der Ruhe und wir finden sie daher in den meisten Fällen fester, härter als diese. Die äusseren Partien des Zelleninhaltes, welche den wirksamen Einflüssen des Zellenkernes am meisten entzogen sind, nehmen kaum mehr an den Stoffbewegungen in der Zelle Antheil, sondern erhärten zu einer mehr oder weniger von dem übrigen Inhalte sich unterscheidenden Haut, die dann als Hülle den Kern und das Protoplasma umschliesst. Auch in dem Kerne selbst scheinen ähnliche Differenzirungsvorgänge zur Trennung der Kernkörperchen von der übrigen Kernmasse zu führen.

Die neuesten Untersuchungen über die Gerinnungserscheinungen im absterbenden Blute und Muskel haben uns für die ebengegebene Darstellung der Bildung der Zellenmembran schlagende Analogien geliefert. Solange innerhalb der Flüssigkeiten des Blutes und des Muskels die chemischen und physikalischen Processe, auf denen ihr Leben beruht, in ganz normaler Richtung und Stärke vor sich gehen, sehen wir fast alle Stoffe gleichmässig in wässeriger Lösung. Sobald jedoch in den genannten Vorgängen nur eine scheinbar minimale Aenderung, Verminderung ihrer Intensität sich ereignet, sehen wir einen Theil der vorher in Lösung gewesenen Stoffe fest werden, gerinnen. Durch die energische Lebensthätigkeit der Zelle werden die Stoffe ihres Inhaltes der Hauptmasse nach in Lösung erhalten.

Wie wir später genauer kennen lernen werden, gestaltet sich dieser Vorgang in der Art, dass durch die in der Zelle vor sich gehenden Processe selbst beständig durch Zersetzung eines Theiles der wesentlichen die Zelle zusammensetzenden Stoffe für das Zellenleben schädliche chemische Agentien gebildet werden, welche in grösseren Mengen innerhalb des Zelleninhaltes angehäuft zum Tode der Zelle, im speciellen Falle zu Gerinnung und Festwerdung eines Theiles ihrer normal flüssigen Inhaltsmasse führen würden. Im vollkommen lebenskräftigen Zustande vermag die Zelle diese selbsterzeugten Gifte zum grössten Theile sogleich theils auf chemischem Wege theils durch bestimmte physikalische Vorgänge (Diffusion etc.) auszuscheiden. Ist die Lebensenergie einmal beeinträchtigt, so ist diese Ausscheidung nicht mehr möglich; wir sehen dann eine Reihe von Veränderungen in dem Zelleninhalte auftreten, unter denen Gerinnungserscheinungen eine Hauptrolle spielen. So verstehen wir, wie in den äussern Zellpartien, in welchen wie gesagt die Lebensvorgänge

eine geringe Stärke besitzen, so rasch Gerinnungsphänomene auftreten, die zur Bildung einer Zellenmembran führen.

Wenn einmal solche Erhärtungen erfolgt sind, so treten die davon betroffenen Theile der Zelle, da die chemischen Vorgänge am intensivsten an Flüssigkeiten zu Stande kommen, mehr und mehr aus dem Bereiche der chemischen Zellenvorgänge heraus. Die Zellengrenzgebiete sterben also gleichsam ab, sie versteinern, könnte man sagen, bis zu einem gewissen Grade. Selbstverständlich gehen trotzdem, wenn auch vergleichsweise sehr langsam stets Molecularbewegungen und Aenderungen auch in den Zellmembranen vor sich, doch wird aus der Langsamkeit dieser Veränderungen das stabile Vorhandenbleiben der einmal im ausgewachsenen Organismus vorhandenen Zellformen verständlich, welches auf den mit den raschen, beständigen Aenderungen des flüssigen Zelleninhaltes nicht vertrauten Beobachter den Eindruck macht, als seien die Formbestandtheile des menschlichen und thierischen Körpers mit einer das ganze Leben desselben umfassenden Dauer ausgestattet; während in Wahrheit von der ganzen Zelle im regen Wechsel der Ernährungs- und Erneuerungsvorgänge Nichts stabil bleibt als das Modell, in welches der Guss des beständig entstehenden und vergehenden Organismus stattfindet.

Sehr dicke Zellenmembranen, welche dem Zellkörper gegenüber eine grössere Selbständigkeit erlangen, werden als Zellkapseln beschrieben, wie sich solche besonders ausgebildet im Knorpelgewebe finden. Die eigentliche Knorpelzelle mit Kern und Protoplasma bildet an ihrer Oberfläche eine erst zarte chemisch differente Hülle, die durch Substanzanlagerung an ihre Innenfläche bis zu ziemlich bedeutender Dicke zunimmt. Schrumpft durch chemische Einwirkungen das Zellenprotoplasma, so zieht es sich oft weit von der Zellenkapsel zurück, an der man ein geschichtetes Aussehen wahrnimmt. Die Hülle des Säugethier-Eies, — Zona pellucida, Chorion — scheint zu diesen Bildungen zu gehören.

Wir sehen die Zellenmembran manchmal, in bestimmten Fällen regelmässig fortbestehen, wenn auch durch irgend einen Umstand oder in Folge der natürlichen Entwickelung der Zelle der Zellenkern zu Grunde gegangen ist. Die Zelle scheint dann noch fort zu existiren, es fehlt ihr nun aber jede specifische Lebensthätigkeit; sie ist jetzt nur noch ein Bläschen, das den in ihm sich ablagernden Inhalt nicht mehr in eigenthümlicher Art verändern kann. Diese Bläschen dienen dann nur noch als Aufspeicherungsorte für anderwärts in Zellen erzeugte organisch-chemische Producte.

Entstehung der Zelle.

Die Annahme, dass wir die Zelle als den Grundtypus der Organisation anzusehen haben, fand eine Zeit lang einen bedeutenden Widerstand von Seite ausgezeichneter Forscher und Gelehrten. Es scheint, dass der Grund dafür in dem anspruchsvollen Gebahren dieser Lehre im ersten Anfange ihres Auftretens zu suchen ist. Sie hatte, obwohl nun auf exacte Forschung und wirkliche Beobachtung gestützt, doch noch etwas von dem Gewande der Naturphilosophie an sich, welche sie schon so weit früher auf speculativem Wege aufgestellt hatte. Nach der Lehre Oken's entständen die Urbläschen, seine Infusorien, aus

einem flüssigen unorganisirten Bildungsmateriale, das die chemischen Stoffe, aus welchen sich der primitive Organismus zusammengesetzt zeigt, in Lösung erhält. Dieselbe Anschauung wurde über die Entstehung der Zelle mit etwas mehr wissenschaftlichem Gepränge, als es Oken zu Gebote gestanden hatte, vorgetragen. Man schien dadurch das Geheimniss der Entstehung der Organisation aus den unorganisirten Grundstoffen erschlossen zu haben. Ist man einmal im Stande, die Bildung der Zelle zu erklären, so ist es leicht, durch Vermehrung und vielfache Verzweigung derselben, wie es die Naturphilosophie gethan hatte, die Entstehung der complicirtesten Organismen anschaulich zu machen. Es schien, als wenn das Mikroskop das alte über den Lebenserscheinungen schwebende Dunkel verscheucht hätte.

Die mikroskopische Entdeckung der einheitlichen Organisation der Thiere und Pflanzen bringt uns jedoch selbstverständlich, sobald es sich um letzte Erklärungen handelt, um keinen Schritt weiter. Die Lebenserscheinungen verlieren Nichts von ihrem Dunkel, mögen wir sie nun in die mikroskopischen Zellen und Zellgebilde verlegen, oder mögen wir uns nur an die Leistungen der grösseren organisirten Massen halten.

Man kann dies nicht besser als mit den eigenen Worten Leydig's, eines unserer vorurtheilsfreisten mikroskopischen Forscher ausdrücken, dessen Ansichten auch den vorausgehenden Darstellungen grossentheils zu Grunde liegen: »Wir (Mikroskopiker) befinden uns —, wie mir däucht, leider in gleichem Falle mit Einem, der, ‚das Leben' etwa einer Wiese, eines Waldes eine Zeit lang von einem fernen Standpunct aus studirte und nun glaubt, es würde sich ihm ein besseres Verständniss von dem Wachsen, von dem Grünwerden, sich Entfärben aufthun dadurch, dass er näher tritt, um die einzelnen, die grünende Fläche zusammensetzenden Pflanzenarten in's Auge fassen zu können. Allerdings wird er jetzt mancherlei interessante neue Beobachtungen machen, aber in der Hauptsache bleibt das Räthsel von vorhin; er steht noch immer vor denselben Fragen, nur mit dem Unterschied, dass er die Veränderungen gegenwärtig an jedem Pflanzenindividuum ebenso gewahrt, wie zuvor an der grossen grünenden Fläche.«

Die eben ausgesprochene Anschauung hat sich seither bei fast allen von den Vorurtheilen der Schule sich freihaltenden Forschern Bahn gebrochen. Der Streit über die sogenannte freie Zellenbildung verlief ebenso wie der unter den Zoologen so hartnäckig geführte über die Urzeugung der Thiere, die sogenannte Generatio aequivoca, die eine Entstehung thierischer Organismen aus den sogenannten Grundstoffen ohne elterliche Zeugung behauptete. Gerade so wie dort mit der ganzen Entschiedenheit der Wissenschaft der Nachweis gelungen ist, dass für alle thierischen Organismen die Annahme einer Generatio aequivoca eine unnöthige sei, dass bei allen Organismen die Möglichkeit der Erzeugung durch Keime oder Eier, die elterliche Individuen zu ihrer Entstehung voraussetzen, zugegeben werden müsse, gerade so behauptet die neuere Mikroskopie, dass jede Zelle zu ihrer Bildung das Vorhandensein einer »Mutterzelle« voraussetze. Jede Zelle verhält sich als Tochterzelle einer Mutterzelle gegenüber, aus welcher sie entstanden ist, jede Tochterzelle kann unter Umständen wieder eine Mutterzelle werden und eine oder mehrere neue Zellen aus sich entstehen lassen.

Man pflegte früher die Zellen mit Krystallen zu vergleichen; man nannte gern die Form der Zelle die Krystallisationsform der höheren organischen Stoffe. Man dachte sich die Zelle ebenso durch Niederschläge aus dem flüssigen Bildungsstoffe entstanden, wie man Krystalle unter Umständen sich bilden sehen kann. Man liess in der Flüssigkeit, welche die chemische Elementarzusammensetzung der Zelle enthielt — dem Cytoblasteme, — zuerst Molecularkörnchen entstehen. Einige von diesen kommen zufällig näher an einander zu liegen und beginnen damit eine Art Mittelpunct für die zerstreut umliegenden Körnchen zu bilden. Diese lagern sich von dem Centrum angezogen immer näher kugelig an dieses an. Nach und nach — den Stichwörtern der Entstehungshypothesen — consolidiren sich die im Mittelpuncte liegenden Körnchen immer mehr und mehr und erhärten zuletzt zum Kerne. Endlich schliesst sich das Ganze durch eine zarte Hüllmembran gegen die Aussenwelt ab, die Zelle ist fertig.

Es ist nicht zu läugnen, dass sich diese Ansicht auf mikroskopische Beobachtungen zu stützen scheint. Man sieht wirklich unter Umständen in Flüssigkeiten, welche die gewöhnlichen chemischen Bestandtheile der Zellen enthalten, z. B. in Flüssigkeiten von Brand- oder Vesicatorblasen auf der Haut, mikroskopische Bilder, welche der oben gegebenen Darstellung vollkommen zu entsprechen scheinen. Man darf aber nicht die Stadien eines endlichen Zerfalles nicht mehr lebensfähiger von der Oberhaut abgestossener Zellen in Flüssigkeiten für den Ausdruck einer Neubildung aus den Urstoffen nehmen. Die Auflösung der Zellen hat als Schlussstadium den Zerfall in kleine, moleculäre Körnchen, welche sich als letzte Zeugen einer ehemaligen Organisation endlich auch verflüssigen.

Eine andere Anschauung über die Entstehung der Zellenmembran bei der freien Zellenbildung dachte sich dieselbe durch Imbibition von Flüssigkeit in die Kernmasse entstanden, wodurch die äusseren Theile von den inneren abgehoben würden und blasenartig ausgebuchtet, wie man derartige Vorgänge durch Einbringen organischer Stoffe in sehr verdünnte wässerige Lösungen wirklich künstlich hervorrufen kann (M. Traube).

Von dem Gedanken, dass die Zelle die Krystallisationsform der höheren organischen Stoffe sei, befreite uns definitiv die Beobachtung, dass die höchstzusammengesetzten organisch-chemischen Stoffe, welche sich zur Bildung der wesentlichsten Zellenbestandtheile verwendet finden, die Eiweissstoffe eine wirkliche Krystallform annehmen können.

Die Wissenschaft kennt keine freie Zellenbildung, sie hält auch in dieser Beziehung ihren Satz aufrecht, dass alles Lebendige zu seiner Entstehung ein Lebendiges voraussetzt: omne vivum e vivo.

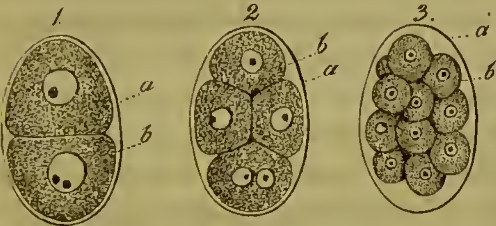
Der wirklich beobachtete Vorgang der Entstehung neuer, junger Zellen erinnert sehr an die Fortpflanzung niederer Thiere. Man kann eine Entstehung durch Theilung und Knospung unterscheiden. Der Vorgang der Zellenvermehrung geht wie alle übrigen in der Zelle eintretenden Bewegungen von dem Zellenkerne aus. Dieser bekommt eine Furche, die immer an Tiefe zunehmend ihn endlich in zwei Theile, zwei Kerne zerfallen lässt (Fig. 3.). So sind nun in der Zelle zwei wirksame Mittelpuncte entstanden, welche sich in die Gesammtmenge

des Zelleninhaltes theilen. Entweder geht die vollkommene Trennung der beiden Zellen dann so vor sich, dass sich auch die Zellenmembran der Kernfurchung entsprechend abschnürt, so dass auf diese Weise zwei vollkommen neue Zellen aus der Mutterzelle entstanden sind, oder es nimmt vielleicht auch die umgebende Zellenhülle keinen Antheil an dem Theilungsprocesse, sondern besteht fort, so dass dann die neuentstandenen Zellen in der alten Zellenmembran liegen, die durch das fortschreitende Wachsthum der Tochterzellen gesprengt werden muss, um letztere frei werden zu lassen (Fig. 4.). Manchmal gestaltet sich der Vorgang etwas anders und man beschreibt ihn dann als eine Knospen- oder Sprossenbildung. Auch hierbei geht die Theilung von dem Zellenkerne aus. Es entstehen zuerst an Stelle des einfachen Kernes mehrere durch Theilung und legen sich an verschiedenen Stellen der Zellenwandung an, wodurch diese an den Anlagerungsstellen anfänglich knopfförmig ausgebuchtet wird. Diese Abschnürungen wachsen und trennen sich mehr und mehr von der Mutterzelle ab; die Verbindung mit letzterer wird stielförmig ausgezogen, bis sich endlich die neuentstandene Tochterzelle ganz von der Mutterzelle abgelöst hat (Fig. 5.).

Fig. 3. (*K.*)



Fig. 4. (*K.*)



Drei Eier von Ascaris nigrovenosa, 1. aus dem zweiten, 2. aus dem dritten und 3. aus dem fünften Stadium der Furchung mit 2, 4 und 16 Furchungskugeln; *a*) äussere Eihülle, *b*) Furchungskugeln. In 1 enthält der Kern der untern Kugel zwei Nucleoli, in 2 die unterste Kugel zwei Nuclei.

Sehr merkwürdig sind die Beobachtungen von Virchow, Buhl und Eberth etc., welche zeigen, dass wenigstens unter pathologischen Zuständen auch noch im erwachsenen Organismus sich aus einer Zelle eine Brut neuer Zellen entwickeln könne, welche einen ganz anderen Charakter erkennen lassen, als die Mutterzelle. Es erinnert dieser Vorgang an den Generationswechsel der niederen Thiere und ist gleichzeitig ein Beispiel von der Art, wie in embryonaler Körperanlage sich die verschiedenen Zellen aus derselben Grundform entwickeln können. Die angeführten Beobachtungen beziehen sich vor allem auf die Bildung von Eiterkörperchen im Zellinhalte der verschiedensten Zellen bei entzündlichen Zuständen (Fig. 6.). Nach Frey ist es wahrscheinlich, dass auch diese Zellbildung auf Zellkerntheilung beruht.

Fig. 5.



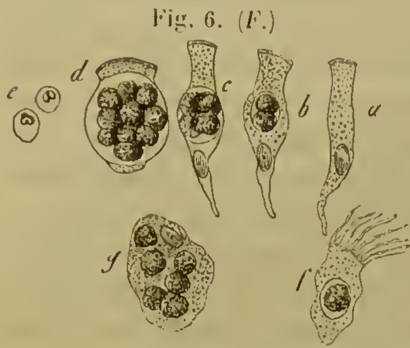
Vermehrung der Zellen durch Sprossenbildung. Eiertraube von Gordius (nach Meissner).

Andere pathologische Neubildungen von Zellen gehen auch aus vorherbestehenden Zellen — Bindegewebszellen — aus und führen zu ganz neuen, abweichenden Gestaltenbildungen.

Es gibt eine Zeit, in welcher der ganze spätere Organismus jedes Säugethieres so wie des Menschen nur aus einer e i n z i g e n Z e l l e besteht, aus

deren Theilung, Vermehrung und Umbildung nach und nach alle Organe des Körpers sich bilden; alle Zellen und Zellenabkömmlinge, aus denen wir später den ausgebildeten Organismus zusammengesetzt finden, müssen als Tochterzellen dieser ersten Mutterzelle angesprochen werden.

Fig. 6. (*F.*)



Die Bildung von Eiterkörperchen im Innern von Epithelialzellen aus dem menschlichen und Säugethier-Körper. *a* Einfache Cylinderzelle des Gallenganges vom Menschen; *b* eine solche mit 2 Eiterzellen, *c* mit 4 und *d* mit vielen dieser Inhaltszellen; *e* die letzteren isolirt; *f* eine Flimmerzelle aus den menschlichen Athemwerkzeugen mit einem und *g* eine Plattenepithelzelle aus der menschlichen Harnblase mit reichlichen Eiterkörperchen.

Wir sehen bei dem geschlechtsreifen, menschlichen Weibe in Perioden von meist 28 Tagen, ohne dass wir über den letzten Grund des Vorganges Etwas auszusagen vermögend wären, eine Zelle, welche aus einem von den anderen constituirenden Zellen nicht unterschiedenen, integrirenden Bestandtheil des Mutterorganismus und zwar des Ovariums entstanden ist, sich vorwiegend entwickeln, so dass sie an Grösse bald ihre Nachbarzellen übertrifft. Durch das fortschreitende Wachsthum drängt sich diese Zelle immer mehr aus ihrer Umgebung hervor, wodurch zugleich der Zusammenhang mit dem Mutterboden gelockert wird. Endlich wird die Zelle im Stadium ihrer höchsten Entwickelung frei, es bildet sich im mütterlichen Organismus ein ihm früher integrirender Bestandtheil zur Selbständigkeit aus.

Die freigewordene Zelle erhält den Namen: Keimzelle, Ei.

Die Form des menschlichen und Säugethier-Eies ist das Ideal aller Zellenformen. Es besitzt die vollkommene Kugelgestalt. Sein Durchmesser beträgt 0,18—0,2 Mm., es ist demnach, während die allermeisten Zellen sonst nur mikroskopische Gebilde sind, dem unbewaffneten Auge noch eben sichtbar. Die Hauptmasse des Eies besteht aus der sogenannten Dottermasse, dem Analogon des Zelleninhaltes, wie dieser zähflüssig und körnig. Der Dotter ist umgeben von einer ziemlich dicken, hellen, durchsichtigen Membran, welche unter dem Mikroskope als ein hellglänzender Ring, die sogenannte Zona pellucida, Chorion erscheint. In dem Dotter erkennt man ein helles Bläschen, das Keimbläschen, welches dem Zellenkerne entspricht, mit dem dunkelen Keimflecke, dem Kernkörperchen, der eine feinkörnige Masse von opakem Aussehen darstellt und im Innern hie und da noch ein oder mehrere grössere Körnchen erkennen lässt, die nach La Vallette St. George Vacuolen, Hohlräume zwischen den Körnchen des Keimfleckes, der einer eigenen Membran entbehrt, sein sollen.

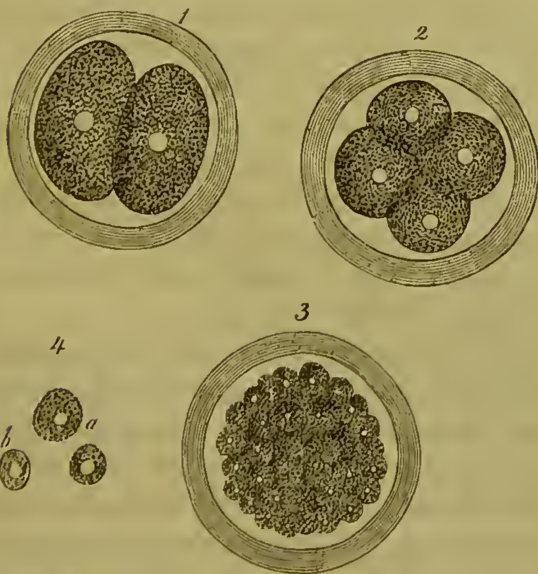
Das Ei unterscheidet sich also nicht von dem Schema der thierischen Zelle. Die Zona pellucida darf jedoch nicht als Zellenmembran angesehen werden. Da eine eigentliche Dotterhaut anfänglich fehlt (Bischoff), so gehört die Eizelle zu den membranlosen Zellen die nach Bischoff Protoplasten genannt werden. Nach diesem Forscher, dessen Name mit ehernem Griffel in den Tafeln der Entwickelungsgeschichte eingeschrieben steht, ist nur das bläschenförmige Keimbläschen als eigentliche, erste Zelle zu betrachten.

Die Fähigkeit der Weiterentwickelung zu einem neuen, complicirten Organismus scheint an der Eizelle keinen absoluten Unterschied von anderen Zellen

zu bilden. Die jeder Zelle angehörende Fähigkeit, sich zu vermehren, liefert uns auch dafür Analogien. Das Ei ist wohl nur darum allein im Stande, zur Fortpflanzung des Gesammtorganismus zu dienen, weil es unter Umständen von dem Organismus losgestossen wird, in denen es nicht nur seine volle Lebensfähigkeit besitzt, sondern in denen ihm auch Gelegenheit geboten ist, die Lebensthätigkeiten der Zelle in vollem Maasse zu entfalten. Ohne Zweifel dient das Eindringen des männlichen Samens in die Eizelle, auf welche wir die Möglichkeit der Entwickelung des Eies zu einem complicirteren thierischen Wesen beruhen sehen, gleichsam als erste Nahrungsaufnahme des Keimes, vor allem auch mit dazu, die Lebenseigenschaften der Eizelle so lange zu erhalten, bis ein regelmässiger Stoffverkehr zwischen dem sich entwickelnden Eie und dem Mutterorganismus sich hat ausbilden können. Damit stimmt es überein, dass auch ohne Befruchtung — ohne das Eindringen der männlichen Samenelemente — das Ei die ersten Stadien der Entwickelung in regelmässiger Weise durchmacht. Es geht aber in der Folge zu Grunde, wie jeder fremde im Innern des Organismus sich findende organische Körper, früher als es dem mütterlichen Organismus gelang, in eine erhaltende Stoffverbindung mit ihm zu treten. Die Entwickelungsgeschichte kennt eine wahre Parthenogenesis; sie lehrt, dass bei niederen Thieren ein weiblicher Organismus für sich einen Keim produciren kann mit der Fähigkeit, sich zu einem vollkommenen Organismus zu entwickeln.

An dieser Stelle beabsichtige ich nicht, mich weiter in die Probleme der Befruchtung einzulassen. Es muss nur noch darauf hingedeutet werden, dass die oben genannte Wirkung der Samenelemente für das Ei nicht die einzigen sein könne. Auch wenn wir die Fähigkeit, sich zu einem der Mutter gleichen Organismus auszubilden, der Eizelle selbst beilegen; so können wir doch nicht umhin, auch dem Samen selbst eine bestimmende Einwirkung auf die Richtung des Entwickelungsvorganges zuzuschreiben, was die Aehnlichkeit des Kindes mit seinem Vater in äusseren und inneren, körperlichen und geistigen Verhältnissen zur Genüge beweist.

Fig. 7. (*F.*)



Theilung des Säugethiereis, halbschematisch. 1. Die Dottermasse in zwei, 2 in vier Kugeln (Zellen) mit Kernen zerfallen. Bei 3 eine grosse Zahl gekörnter Kugeln. 4. *a b*. Einzelne Kugeln.

Es ist das Säugethierei das geeignetste Object, um an ihm die Zellvermehrung durch Kerntheilung zu studiren. Der Vorgang dieser primären Eientwickelung wird als Furchung bezeichnet, die aus der Furchung hervorgehenden Zellen als Furchungskugeln oder Furchungszellen. Man sieht zuerst von der Zona pellucida die Dottermasse etwas zurückweichen, das Keimbläschen verschwindet und es tritt dafür ein neuer, ebenfalls bläschenförmiger

Kern auf. Sodann theilt sich dieser Kern in zwei Theile. Um jedes dieser neu entstandenen Centren gruppirt sich ein Theil der Dottermasse zu einer kugeliger Masse. Indem die Kerne dieser neuentstandenen Furchungskugeln sich wieder und wieder theilen und zu Anziehungsmittelpuncten für den flüssigbeweglichen Eiinhalt werden, entstehen zuerst vier, dann acht, dann sechzehn und sofort neue immer kleiner werdende Furchungskugeln. (Fig 7.) Diese lassen anfangs keine eigene Zellenmembran erkennen. Erst später erhärtet ihr heller Rand zu einer hautartigen Hülle. Zuletzt ist der ganze Inhalt der Eizelle zu einer neuen Brut kleiner, kugeliger, starkglänzender Zellen zerfallen, welche zu einem maulbeerförmigen Körper zusammengelagert sind. Aus diesen Zellen baut sich in der Folge der Embryonalkörper auf, indem die Furchungszellen sich fort und fort theilen und vermehren, in verschiedener Weise sich zusammenschliessen, wobei sich ihre Gestalt und Inhalt auf das mannigfachste verändern.

Umbildung der Zellformen.

Anfangs sind die aus der Furchung hervorgegangenen Zellen, dem Eie, aus welchem sie entstanden sind, fast vollkommen analog.

Sie stellen wie das Ei Bläschen dar mit einer zarten Membran mit feinkörnigem Protoplasma und meist bläschenförmigem Kerne, in welchem sich ein oder mehrere Kernkörperchen erkennen lassen. Der Hauptunterschied von dem Eie besteht in ihrer mikroskopischen Kleinheit und in einem in den einzelnen Zellen in verschiedenen Richtungen sich aussprechenden, individuellen Leben, welches in ihnen nach Gestalt und Inhalt Veränderungen hervorruft, die später ihre Analogie mit der Eizelle fast vollkommen verwischen können.

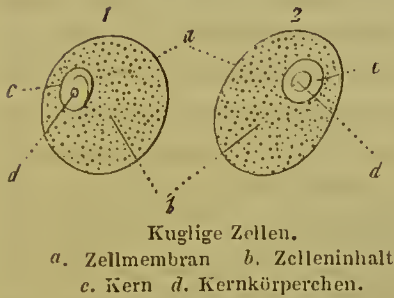
Schon in Beziehung auf ihre Grösse zeigen in der Folge die den ausgebildeten thierischen und menschlichen Organismus zusammensetzenden Zellen mannigfache Verschiedenheiten. Während viele junge Zellen, die Blutzellen etc. nur eine Grösse von 0,002—0,003‴ erreichen, zeigen andere wie die Cysten des Samens und die Ganglienkugeln eine Grösse von 0,02—0,04‴.

In den meisten Fällen, in denen sich eine Gruppe von Zellen zu einem complicirten Organismus vereinigt, verlieren sie ihre ursprüngliche, rundliche Gestalt und nehmen — in vielen Fällen genügt dazu schon der Druck, welchen sie gegenseitig auf einander durch die Aneinanderlagerung ausüben — mannigfach verschiedene Formen an, an welchen Veränderungen auch der Zelleninhalt in den verschiedensten Modificationen theilnehmen kann.

Neben den rundlichen Gestalten der Zelle zeigen sich ovale, cylindrische, kegelförmige, stark in die Länge gestreckte mit fein zugespitzten Enden. Andere erscheinen durch einen von allen Seiten gleichmässig auf sie ausgeübten Druck in pseudokrystallinischen Formen meist als ziemlich regelmässige Sechsecke. Andere verlängern einen Theil ihrer Hüllmembran zu einem oder einer ganzen Anzahl von fadenartigen Wimperfortsätzen, welche, solange das Leben der Zelle besteht, eine fortwährende, schwingende Bewegung: Flimmerbewegung zeigen (Figg. 8—12.).

An den eben besprochenen Formumwandelungen der Zelle betheiligt sich auch der Kern in mannichfacher Weise. Er kann aus seiner rundlichen Form

Fig. 8. (*F.*)



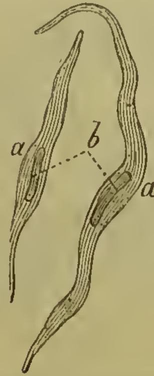
Kuglige Zellen.
a. Zellmembran *b.* Zelleninhalt
c. Kern *d.* Kernkörperchen.

Fig. 9. (*F.*)



Ganz flache schüppchenartige Epithelialzellen aus der Mundhöhle des Menschen.

Fig. 10. (*F.*)



Zwei Zellen der unwillkürlichen Musculatur *a a*; bei *b* die homogenen, stäbchenartigen Kerne.

Fig. 11. (*F.*)



Leberzellen des Menschen.
a. mit einem, *b.* mit zwei Kernen.

Fig. 12. (*F.*)



Flimmerzellen des Säugethieres. *a*—*d* Zellenkörper mit den Flimmerhaaren.

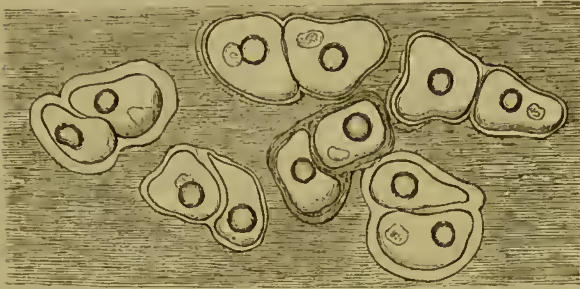
in die ovale und stabförmige übergehen, bei Insecten kommen sogar in seltenen Fällen Verästelungen des Kernes vor. Manchmal findet sich eine Vermehrung des Zellenkernes, ohne dass sich die Zelle theilt, wie bei gewissen Zellen im Knochenmark. (Fig. 14.). Auch das Kernkörperchen kann sich an der Umwandelung betheiligen. Es können Hohlräume in ihm auftreten, es kann eine längliche Gestalt erhalten.

Der Zelleninhalt kann sich in Beziehung auf seine Formelemente sehr mannichfach umgestalten. Er zeigt sich mehr weniger körnerreich; diese Körner stehen manchmal vollkommen regelmässig angeordnet und bekommen in manchen Fällen selbst bestimmtere, regelmässigere Gestalt. Hie und da treten sogar vollkommen krystallinische Formen, wahre Krystalle auf. Häufig bilden sich Bläschen in dem Zelleninhalte, so die Eiweissbläschen im Dotter der Vögel, die Fettbläschen in sehr vielen Zellen.

Eine eigenthümliche Art der Umwandelung der Zelle besteht darin, dass sie einen Theil ihres flüssigen Inhaltes aus ihrem Inneren ausscheidet, welcher sich ausserhalb der Zellmembran ablagert und erhärtet, so dass sie endlich mit einem Hofe morphologisch umgestalteter Masse umgeben ist. Die Masse dieser Ablagerungen, die sich bei allen Zellen finden, ist in verschiedenen Fällen sehr verschieden. Manchmal ist die Ablagerung so gering, dass nur die früher überaus zarte Zellmembran um etwas verdickt erscheint und sich gegen chemische Einwirkungen etwas beständiger zeigt; oder es dient die ausgeschiedene Masse nur zur Verklebung der Zellen untereinander, als Kittsubstanz. In anderen Fällen können diese Ablagerungen so sehr zunehmen, dass die einzelnen Zellen dadurch weit auseinander gerückt werden. Den betref-

fenden Ausscheidungen zwischen den Zellen hat man den Namen Zwischenzellenmasse oder Intercellularsubstanz beigelegt (Fig. 13.).

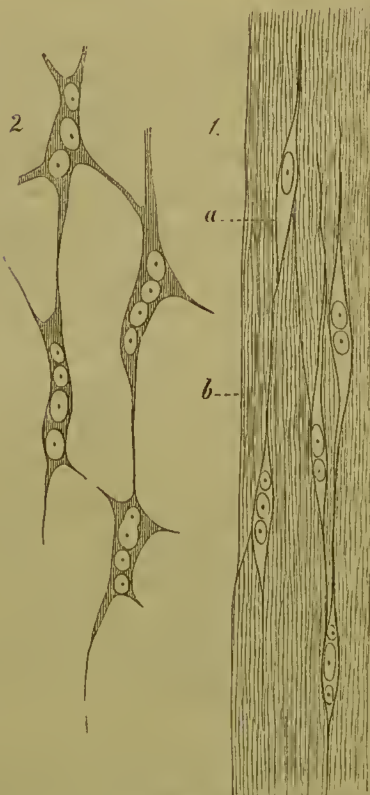
Fig. 13. (*K.*)



Knorpelzellen aus der weisslichen Schicht der Cart. cricoidea, 350mal vergr. Vom Menschen.

Da alle intensiveren Bewegungen des Lebens nur in der Zelle selbst vor sich gehen, so ist es selbstverständlich, dass die formlose Zwischenmaterie nur einen äusserst geringen Antheil an den organischen Vorgängen nehmen würde, wenn sie nicht in der Mehrzahl der Fälle nach einem neuen Principe näher in den Kreis der Stoffbewegung innerhalb der Zelle hineingezogen würde. Wir sehen die ganze Zwischenzellenmasse durchzogen von einem Netze feiner Hohlräume, welche in der Weise entstehen, dass die eingelagerten Zellen nach den verschiedensten Seiten ihrer zackigen Oberfläche hohle, röhrenförmige Fortsätze aussenden, welche nach vorausgegangener mannichfaltiger Verästelung die umliegenden Nachbarzellen untereinander in Verbindung bringen. Wir begegnen in dieser directen Communication der Zellen untereinander der ersten Form des Aufgebens der geschlossenen Zellenindividualität. Manchmal sehen wir die Zellen nur durch wenige, nicht, oder nur sparsam verästelte Hohlzweige in Verbindung stehen (Fig. 14.). Bei einigen — den Nervenzellen — sehen wir die relative Masse der Zellenausläufer oder Zellenfortsätze die Zelle so bedeutend überwiegen, dass letztere nur als eine rundliche, kernhaltige Anschwellung des Fortsatzes erscheint (Fig. 15.).

Fig. 14. (*K.*)



Aus dem Nabelstrange eines 7'' langen Schafembryo, 350mal vergr. 1. Ein Stückchen mit fibrillärer Zwischensubstanz und zusammenhängenden mehr spindelförmigen Bindesubstanzzellen. 2. Von einem Theile, der noch gallertige Zwischensubstanz und mehr sternförmige Zellen enthält. Die Zellen in beiden Fällen fast alle mit mehrfachen Kernen.

Nach den Beobachtungen Courvoisier's geht das Aufgeben der Einzelindividualität der Zellen bei Nervenzellen so weit, dass eine Trennung des Zellenzusammenhanges, welcher durch die Zellenausläufer — Commissurenfäden — hergestellt wird, mit dem Absterben der einen, abhängigen Zelle verbunden ist. In einem derartigen Abhängigkeitsverhältniss stehen die Ganglienzellen des Sympathicus von den Ganglienzellen des Rückenmarks; diese letzteren sind das »Nutritionscentrum« für die mit ihnen verbundenen sympathischen Zellen, sie leiten ihnen nicht nur Erregungszustände zu, sondern beeinflussen direct die

chemischen Vorgänge in ihnen. Es verspricht diese Wahrnehmung für die Zukunft noch die schönsten Resultate: sie ist uns ein Fingerzeig, wie weit die chemischen Zellenterritorien sich erstrecken können, in wie weit entlegenen Puncten wir unter Umständen den Anstoss zu einer originellen Stoffmetamorphose bei abhängigen Zellen zu suchen haben, den wir bei selbständig gebliebenen Zellen, in ihnen selbst finden.

Fig. 15.

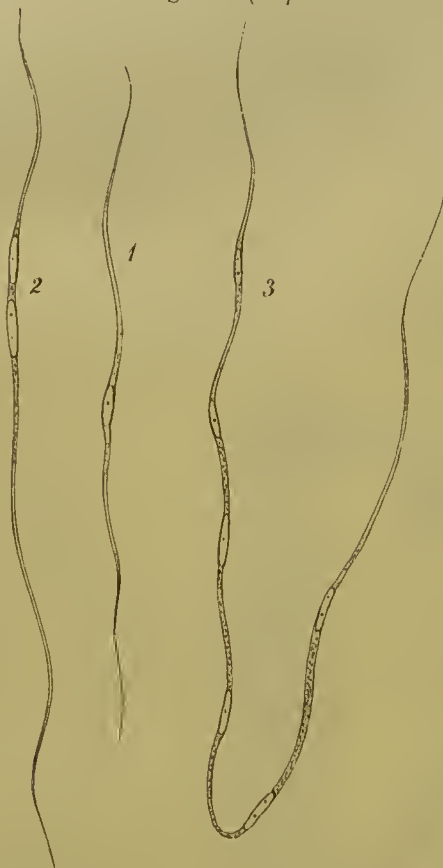


Centrale Nervenzelle (nach DEITERS).
a) Die aus der Zelle entspringende Nervenfaser, *b*) Protoplasmafortsätze.

Die Zellmetamorphose bleibt bei den bisher beschriebenen Umbildungen der Zellform nicht stehen. Die Veränderung kann soweit gehen, dass die Zellenkörper selbst, nicht nur ihre Fortsätze, untereinander verwachsen zu faserigen oder netzförmigen Zügen, zu Darstellung grösserer Hohlräume; dass die einzelnen Zellen ihre Individualität fast vollkommen zu Gunsten einer grösseren Gemeinschaft aufgeben, zur Erreichung weitergreifender Wirkungen als sie die einzelne Zelle in ihrer Isolirtheit hervorbringen könnte. So sehen wir — bei dem Muskelgewebe — durch Aneinanderlagerung in die Länge ausgezogener Zellen und Durchbrechen der Scheidewände an den Anlagerungs-

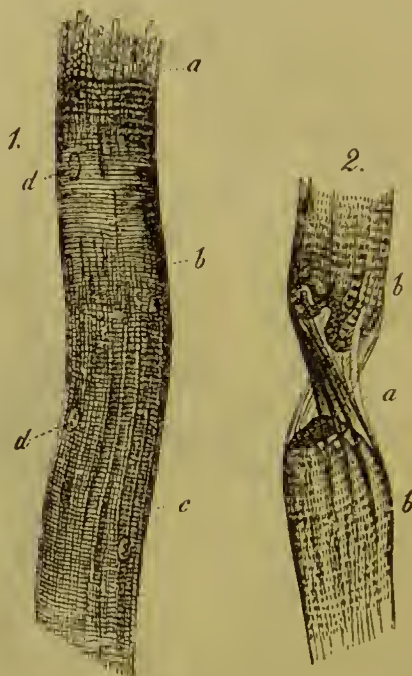
stellen (Fig. 16.) cylindrische, langgestreckte Formen entstehen, in denen nur noch die an der früher geschlossenen Membran ansitzenden Kerne die ehemalige Abgeschlossenheit der Individuen zu erkennen geben (Fig. 17.). Aehnliche Vorgänge führen zur Bildung der Blut- und Lymphgefässe, der Höhlungen und Räume in Knorpel und Knochen.

Fig. 16. (*K.*)



Muskelfasern von einem zweimonatlichen menschlichen Embryo. 1, 2. Vom Fuss mit 1 und 2 Kernen. 3. Vom Unterschenkel mit 6 Kernen. 350mal vergr.

Fig. 17. (*F.*)



1. Quergestreifter Muskelfaden mit Zerspaltung in Primitivfibrillen *a*, deutlicherer Querstreifung *b* und Längszeichnung bei *c*; *d* Kerne. 2. Ein Muskelfaden *b*, bei *a* durchrissen mit stellenweise leer hervortretender Scheide.

Entstehung der Gewebe.

Das endliche Resultat der Zellenmetamorphose ist die Herstellung grösserer Massen, die Bildung der Gewebe, aus denen wir die einzelnen Organe des Körpers makroskopisch zusammengesetzt finden.

Die Gewebsbildung hat ihren ersten Anfang schon in den frühesten Entwickelungsstadien des Eies.

Wir haben den Zerfall des Dotters in eine grosse Anzahl kleiner, rundlicher Furchungszellen kennen gelernt, die anfänglich einen maulbeerförmigen Körper darstellten. Die Weiterentwickelung des Eies schreitet nun in der Art fort, dass diese neuentstandenen Bausteine des späteren Embryo zur Bildung einer Blase sich zusammenschliessen. Die Dotterfläche gewinnt zuerst nach vollständiger Furchung wieder ein fast homogenes Ansehen, die Furchungszellen sind so klein und besitzen nur so zarte Contouren, dass sie kaum mehr

in ihrer Trennung wahrgenommen werden können. Wenige Stunden in der Eientwickelung später verschwindet dieses homogene Aussehen wieder und die Dotteroberfläche zeigt sich nun deutlich als eine Mosaik fünf- und sechseckiger, festverbundener, gegeneinander abgeplatteter, ringsum an die Zona pellucida angedrückter, kernhaltiger Zellen. Die innere Höhle des Eies ist von einer hellen Flüssigkeit erfüllt. Nicht alle aus dem Furchungsprocesse hervorgegangenen Zellen werden zur Bildung dieser Blase verwendet, welche später nur noch als Umhüllungs- und Schutzorgan des Embryo zu dienen hat. An einer Stelle der neugebildeten Blase zeigt sich eine Verdickung, welche aus einer Anhäufung von Furchungskugeln besteht, welche die eigentliche Embryonalanlage darstellt. Die aus den verschmolzenen Furchungszellen hervorgegangene Blase trägt den Namen: Keimblase, die Anhäufung der übriggebliebenen Furchungskugeln stellt die erste Anlage des Fruchthofes, der späteren Baustätte des Embryo dar. In der ebenbeschriebenen Beschaffenheit bleibt das Eichen eine längere Zeit, während welcher es nur durch Vergrösserung der Keimblase wächst, wodurch die Zona immer mehr und mehr zu einer ganz feinen Hülle verdünnt wird.

Hat das Ei endlich eine bestimmte Grösse erreicht — das Kaninchenei $1^3/_4'''$ —, so beginnt eine Veränderung in den Zellen des Fruchthofes, welche schliesslich zur Ausbildung der verschiedenen Gewebe des thierischen Organismus führt. Es spaltet sich die primitive Embryonalanlage zuerst in zwei Zellenschichten, zu denen später noch eine dritte hinzukommt, so dass man dann eine Scheidung in drei Keimblätter vor sich sieht. Das Kaninchenei erscheint zu dieser Zeit frisch aus dem Uterus genommen als ein rundes hyalines Bläschen, welches erst durch Zusatz von Wasser als ein Doppelbläschen sich ausweist, indem sich die verdünnte Zona von der Keimblase abhebt. An der Keimblase zeigt sich der Fruchthof schon für das blosse Auge als ein dunkeler Punct sichtbar. Die mikroskopische Betrachtung zeigt die vorhin scharfen Contouren der einzelnen die Keimblase zusammensetzenden Zellen etwas verwischt; innerhalb des Fruchthofes und in seiner nächsten Umgebung macht sich eine Trennung in zwei Lagen bemerklich, es sitzt der äusseren dickeren Schichte eine innere sehr dünne auf aus sehr zarten Zellen bestehend, die sich unter Umständen von selbst ablöst, sogar künstlich abpräparirt werden kann. Von dem Fruchthofe aus schreitet diese Trennung in zwei Blätter immer weiter über die ganze Keimblase fort, so dass diese endlich aus zwei innig aneinander liegenden Schichten besteht. Später bildet sich zwischen diesen beiden Keimblättern noch ein drittes. Nach den Untersuchungen von Pander, Baer und Bischoff werden diese Keimblätter das äussere als animales, das innere als vegetatives Blatt unterschieden. Das dritte, später auftretende Blatt wird als Gefässblatt bezeichnet. Die Bezeichnungen machen sogleich klar, wozu die Keimblätter bei der späteren Entwickelung des Embryo verwendet werden. Aus dem animalen Blatte bilden sich in der Folge die Gewebe, welche die eigentlich thierischen Thätigkeiten, die Bewegung und Empfindung vermitteln; aus der vegetativen Schichte bilden sich die Organe, welche den Functionen der Ernährung, Stoffaufnahme und Abgabe zu dienen haben, welche das Thier mit der Pflanze gemein hat: die Drüsengewebe. In dem Gefässblatte entsteht das Herz mit den grossen Gefässen.

So sehen wir denn schon in der frühesten Anlage des Embryo eine individuelle Entwickelung der Zellen eintreten, welche zu einer Gruppirung nach verschiedenen Hauptthätigkeitsrichtungen führt. Es ist in neuerer Zeit an dem eben aufgestellten Schema der Blätterbildung Manches verändert worden, besonders von Remak und Reichert. Ein eigenes Gefässblatt scheint nach diesen nicht mehr angenommen werden zu müssen, dagegen spaltet sich das animale Blatt in ein oberes Sinnesblatt für das Centralnervensystem und alle Sinnesorgane mit der Haut als Tastorgan und in ein motorisch-germinatives Blatt (dem Gefässblatte entsprechend), aus welchem sich die Organe der willkürlichen und unwillkürlichen Bewegung, die Knochen und Muskeln, sowie die Organe der geschlechtlichen Fortpflanzung und einige Blutdrüsen entwickeln. Dem dritten innersten Blatte bleibt die Bildung der Drüsen und der Schleimhautüberzüge der inneren Organe: es wird als Darmdrüsenblatt bezeichnet.

Es ist unmöglich, sich eine Anschauung von den Kräften zu bilden, welche die anfänglich in ihrer Form und in ihren Eigenschaften vollkommen analogen Furchungszellen nun in diese Hauptgruppen spalten, welche sich sowohl in Gestalt als in physiologischer Bedeutung so gänzlich verschieden verhalten. Wodurch den Zellen ihre specifische Bewegungsrichtung aufgedrückt wird, welche die eine zur Drüsenzelle, die andere zur Muskelzelle gestaltet, ist in vollkommenes Dunkel gehüllt; wir müssen uns mit der Beobachtung, dass diese Trennung in die früheste Entwickelungsperiode des Organismus fällt, begnügen.

Man hat oft vergeblich versucht, die Gewebe nach ihren Formverhältnissen einzutheilen. Es scheint am einfachsten und entspricht gewiss auch am meisten dem eigentlich physiologischen Bedürfniss, die Eintheilung von der Entwickelungsgeschichte zu entlehnen, welche die Gewebe nach eigentlich physiologischen Gesichtspuncten classificirt. (Leydig.)

Wir theilen danach auch im fertiggebildeten Organismus die Gewebe ein in die zwei Hauptgruppen vegetative und animale, von denen die letztere nach den beiden hauptanimalen Functionen in das Nerven- und Muskelgewebe zerfällt. Zu diesen drei Gewebsgruppen kommt noch eine vierte, welche dem ganzen Organismus seine Skeletstütze, den einzelnen Geweben das Verbindungsmaterial liefert und danach mit dem Namen Gewebe der Bindesubstanzen belegt wird.

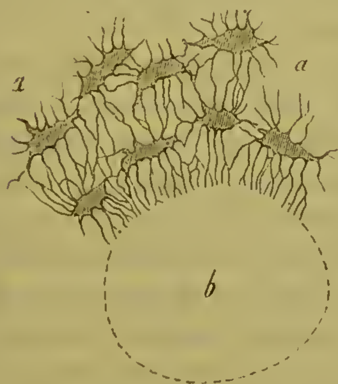
Gewebe der Bindesubstanz.

Wenden wir zuerst unseren Blick etwas eingehender auf die Formverhältnisse der Gewebe der Bindesubstanz. Wir treffen hier auf eine grosse Mannichfaltigkeit der Bildungen. Der thierische und menschliche Leib besteht zum grossen Theile aus den Geweben dieser Gruppe. Sie bilden die Grundlage aller Häute, das Gestell der Drüsen und verleihen dem ganzen Körper Halt und Zusammenhang, indem sie untereinander in ununterbrochener, vollkommener Verbindung stehen. Trotz der Verschiedenheit in ihren physikalischen Eigenschaften wie sie zwischen den zarten Hautgebilden und den starren Knochen besteht, zeigen die einzelnen Glieder dieser Gewebsgruppe doch eine

unverkennbare Uebereinstimmung, die ihren gemeinsamen Ursprung, die Möglichkeit des Ueberganges des einen Gewebes in die Bildung eines der anderen dieser Gruppe, wie sie die Beobachtung lehrt, erklärlich macht. Sie sind alle aus Zellen zusammengesetzt, welche in eine ziemlich bedeutende Schicht von Intercellularsubstanz eingebettet, und dadurch mehr weniger von einander gerückt sind. In den meisten Fällen — mit Ausnahme des Knorpelgewebes bei dem Menschen — geben die Zellen ihre Abgeschlossenheit und damit die Möglichkeit einer eigentlich individuellen Thätigkeit auf, indem sie, wie oben beschrieben, durch hohle Ausläufer miteinander in Verbindung treten. Diese communicirenden Hohlräume, welche aus den Zellen entstanden sind, scheinen als Analoga der Blut- und Lymphgefässe mehr nur zur Erleichterung des Transportes von Flüssigkeiten zu dienen, als zur Vermittelung specifischer Zellenthätigkeiten. Doch ist die Individualität der Zellen nicht vollkommen verloren gegangen. Die Beobachtung macht es deutlich, dass jede Zelle einen Theil der sie umlagernden Grundmasse als ihr Territorium in das Bereich ihrer Kräfte hereinzieht und auf diese Weise mit ihren specifischen Lebenseigenschaften versieht. So sehen wir bei einem krankhaften Absterben einer solchen Bindegewebszelle primär nur ihr Territorium von Intercellularsubstanz mit in den Mortificationsprocess hereingezogen. (Virchow.) cfr. S. 16. f.

Die Formen der Bindegewebszellen zeigen eine grosse Mannichfaltigkeit. Sie gehen von der einfach rundlichen unverästelten Form, wie sie sich im menschlichen Knorpel zeigen, durch die Zwischenformen spitzauslaufender oder sternförmiger Zellen, welche durch hohle Ausläufer in offener Verbindung stehen, wie in den weicheren Gebilden des Bindegewebes zwischen den Muskeln, in den Sehnen und in der Hauptmasse der Haut, in die vielästigen, zackigen Formen über, welche das Leben innerhalb der Knochen vermitteln (Fig. 18.).

Fig. 18. (*F.*)

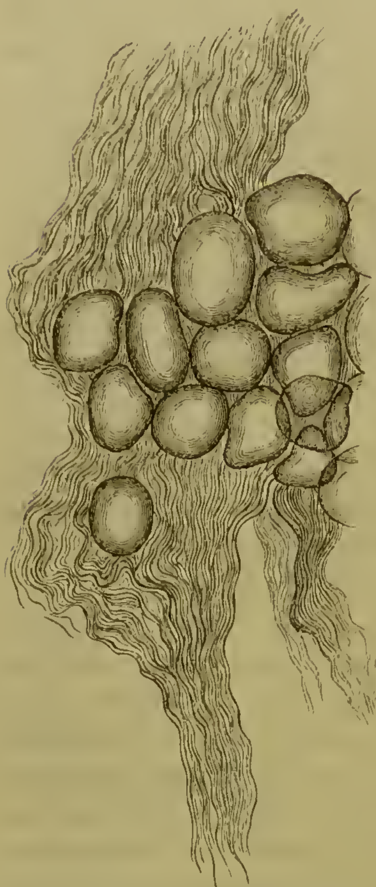


Knochenhöhlen (*a. a*) mit ihren zahlreichen Ausläufern, einmündend in den quer durchschnittenen Havers'schen Canal (*b*).

Aehnlich morphologisch verschieden zeigt sich auch die zwischen die Zellen eingelagerte Materie. Während sie bei den weichsten zur Bindegewebsgruppe zu rechnenden Gebilden dem gallertigen Bindegewebe (bei dem erwachsenen Menschen nur im Glaskörper des Auges) eine gallertige, schleimähnliche Beschaffenheit zeigt, besitzt sie eine grosse Festigkeit und Elasticität bei den die Muskeln und Drüsen verbindenden Häuten, noch mehr bei den Sehnen und Sehnenhäuten. Die Zwischenmaterie zeigt in den letztgenannten Fällen ein specifisches Aussehen, es scheinen wellenförmig, lockig gekrümmte feine Fasern die Grundmasse zu bilden, wonach man diese Gewebe als lockiges Bindegewebe bezeichnet (Fig. 19.). Diese Intercellularmasse erfährt in einzelnen Partien gewöhnlich eine eigenthümliche Härtung und Verdichtung entweder blos an den Grenzschichten oder auch wohl als Streifen mitten durch das Ganze. Auf diese Weise veränderte Zwischensubstanz trägt den Namen elastisches Gewebe, da es sich durch grosse Elasticität aus-

zeichnet (Fig. 20.). Bezieht sich die Härtung blos auf die Grenzlagen, so entstehen dadurch die Glashäute, denen wir bei Besprechung des Drüsengewebes als »eigene Häute« der Drüsen, als Membranae propriae wieder begegnen werden. Verdichten sich nur netzförmige Züge in der Zwischenmaterie, so entstehen daraus die elastischen Spiralfasern, Fasernetze und Platten. Gleichzeitig geht auch eine chemische Umwandelung in der Grundsubstanz vor sich, welche das elastische Gewebe weit resistenter gegen chemische Einwirkungen macht als die Grundmasse des lockigen Bindegewebes. Besteht der Inhalt der Bindegewebszellen aus Fett, so bekommt das Gewebe den Namen Fettgewebe Fig. 19.; füllen sich die Zellen mit dunklem, körnigem Pigment, so erhalten sie den Namen »verzweigte oder sternförmige Pigmentzellen.«

Fig. 19. (*K.*)



Lockeres Bindegewebe mit Fettzellen vom Menschen, 350mal vergr.

Fig. 20. (*K.*)



Elastisches Netz aus der Tunica media der Art. pulmonalis des Pferdes mit Löchern in den Fasern, 350mal vergr.

Der Uebergang des lockigen Bindegewebes in elastisches Gewebe zeigt uns, welcher Mittel sich die Natur zur Erreichung höherer Festigkeit des stützenden Bindegewebes bedient. Zur Herstellung des nicht nur sehr biegsamen und elastischen, sondern auch einen hohen Grad von Festigkeit besitzenden Gewebes des Knorpels, findet sich eine besondere chemische Modification des Intercellularstoffes verwendet, welcher entweder einfach homogen zwischen die Zellen in grösserer oder geringerer Mächtigkeit eingelagert ist, oder eine ähnliche Verdichtung und Härtung wie bei der Bildung des elastischen Gewebes erfährt. Doch verlaufen die elastischen Fasern im Knorpel weniger regelmässig als im lockigen Bindegewebe, sie sind meist sehr verfilzt und haben ein weniger glänzendes, mehr körniges Aussehen; in chemischer Beziehung verhalten sie sich dem elastischen Gewebe vollkommen analog. Man unterscheidet je nach der Beschaffenheit der Grundsubstanz den hyalinen oder ächten und den gelben oder Faserknorpel. Der hyaline Knorpel zeigt gegenüber dem gelben ein milchweisses, bläuliches, seltener ein gelbliches Aussehen. In manchen Fällen besteht er fast nur aus Zellen mit sehr wenig Grundsubstanz. Nur bei derartigem Knorpelgewebe finden sich lebhaftere Lebensvorgänge, sodass selbst ziemlich rasch wachsende krankhafte Neubildungen aus Knorpelmasse bestehen können. In den Fällen, in welchen die Grundsubstanz überwiegt, sind die organischen Vorgänge im Knorpel sicher

nur sehr geringe. Die Zellen besitzen keine Ausläufer, die sie untereinander in Verbindung setzen, es ist der Stoffverkehr dadurch in der festen Grundsubstanz auf ein Minimum herabgedrückt, wodurch besonders die Wachsthums- und Neubildungs-Erscheinungen sehr in den Hintergrund gedrängt werden. Knorpelwunden heilen nur sehr schwer und langsam, was auch noch durch den Mangel an Blutgefässen erklärlich wird.

Zur Bildung der eigentlich starren Maschinentheile des menschlichen und thierischen Organismus ist ebenfalls das Bindegewebe verwendet, welches durch Einlagerung von erdigen Bestandtheilen — kohlensaurer und phosphorsaurer Kalk — in die Zwischenzellenmasse zu einem Baumaterial umgeschaffen wird, welches einen bedeutenden Grad von Festigkeit erreicht. Die Intercellularsubstanz des Knochens hat die geschichtete Beschaffenheit wie die des gewöhnlichen Bindegewebes, die Lamellen sind in Folge der härteren und damit schärfere Contouren gebenden Materiales noch klarer und markirter als bei jenem. Alle Species der Bindesubstanz können ossificiren; es entsteht wahre Knochenstructur durch Einlagerung von Kalksalzen bei den embryonalen Skeletanlagen sowohl aus dem lockigen Bindegewebe als aus dem Knorpel der Säugethiere. In manchen Fällen verkalken auch Theile der äusseren Haut, der Schleimhäute, der interstitiellen Bindesubstanz zwischen Muskeln und Drüsen. Man spricht von einem Incrustations- und einem wahren Verknöcherungsprocesse. Bei ersterem verbleiben die sich absetzenden Kalktheile selbständiger und stellen grössere Kalkkugeln und Kalkkrümeln dar, bei letzterem verschmelzen sie mit der Grundsubstanz morphologisch zu einer Masse. Die Incrustation ist gewöhnlich das Vorläuferstadium der wahren Ossification und bleibt nur selten permanent. Bei der Ablagerung der Kalksalze in die Grundsubstanz wandeln sich die zelligen Theile in die specifischen Knochenzellen oder Knochenkörperchen um. Bei der Ossification des lockigen Bindegewebes gehen die verästelten Bindegewebszellen oder Bindegewebskörperchen direct in die verästelten Knochenkörperchen über; bei der Verknöcherung des Hyalinknorpels beobachtet man, dass die rundlichen, strahlenlos gewesenen Knorpelzellen während der Verkalkung sternförmig auswachsen und so ebenfalls zu verästelten Knochenkörperchen werden. Die Knochenkörperchen setzen sich durch ihre Verästelungen mit einander in Verbindung und sind mit Flüssigkeit angefüllt; die Kalksalze liegen nur in der Grundsubstanz, nicht in den Zellen.

Die Bindesubstanz tritt überall ausschliesslich als Trägerin der Blut- und Lymphgefässe auf, ja die feinsten Gefässe werden von jenen Netzen der Bindegewebskörperchen dargestellt. Nirgends existiren Capillargefässe als im Bereiche der Bindesubstanz; doch sind nicht alle Arten dieses Gewebes gleichmässig mit Gefässen durchsetzt, im Knorpel fehlen sie fast durchaus gänzlich. Bei niederen Thieren bewegt sich die Ernährungsflüssigkeit in Lacunen aus Bindegewebe gebildet.

Vegetative Gewebe.

Epithelien.

Als zweite Hauptgruppe der Gewebe haben wir diejenigen bezeichnet, welche den vegetativen Vorgängen im menschlichen und Säugethier-Organismus vorstehen.

Unter diese Gruppe fallen die Zellen des Blutes und der Lymphe, die Zellen, welche die freie Oberhaut des Körpers und seiner grösseren Hohlgebilde überziehen, und die sogenannten Epithelien bilden, und die Drüsenzellen, welche die verschiedenen Drüsenräume auskleiden oder anfüllen und gewöhnlich mit Epithelzellen continuirlich zusammenhängen.

Während in den vorhin besprochenen Geweben die Intercellularsubstanz die Hauptmasse bildete, behalten in dieser Gewebsgruppe die Zellen die Oberhand. Meist ist der Intercellularstoff auf ein so geringes Minimum beschränkt, dass er eben nur hinreicht, die einzelnen Zellen unter einander zu verkleben. Bei dem Blute und der Lymphe bleibt er flüssig, sodass die rundlichen Zellen frei in ihm schwimmen (Fig. 21.).

Fig. 21. (*F.*)



Glattrandige scheibenförmige Blutkörperchen *a b c* und eine granulirte farblose Blutzelle *d*, deren Kern verdeckt ist.

Wie die Functionen der vegetativen Sphäre dem Thiere und der Pflanze gemeinsam zukommen, so ist auch das im Thierorganismus diesen Thätigkeiten als materielle Basis dienende Gewebe dem Pflanzengewebe am ähnlichsten gestaltet. Die Zellen lagern sich dicht an einander an und platten sich auf das Mannichfachste ab. Dabei behauptet jede einzelne Zelle fast vollkommen ihre individuelle Selbständigkeit, so dass man die zu besprechende Gewebsgruppe als Gruppe der selbständig gebliebenen Zellen bezeichnen kann. Wenn wir von den Organen, welche aus diesen Geweben zusammengesetzt sind, gemeinschaftliche Wirkungen hervorgebracht sehen, so betheiligt sich doch jede einzelne der gewebebildenden Zellen in individueller Weise an dem schliesslichen Resultate. Jede einzelne Zelle ist eine abgeschlossene chemisch-physikalische Werkstätte, welche Stoffe aufnimmt, umwandelt, abgibt.

In dem thierischen und menschlichen Körper betheiligt sich nur ein verhältnissmässig geringer Theil an den eigentlich vegetativen Processen, der grösste Theil ist den animalen Functionen der Bewegung und Empfindung gewidmet. Durch die eigenthümliche, zweckmässige Anordnung der selbständigen Zellen zu sogenannten Drüsen, wird dieser scheinbare Mangel jedoch vollkommen ausgeglichen.

Die Anordnung der Zellen ist in dieser Gewebsgruppe primär eine flächenhafte. Wir sehen alle freien Oberflächen des Körpers, innere und äussere, mit Lagen oder Häuten selbständiger Zellen tapezirt, die in dieser Aneinanderlagerung den obengenannten Namen Epithelien führen. Diese Epithelzellen sind von der mannichfaltigsten Gestalt und Aneinanderlagerung. Entweder bleiben sie, wie in allen inneren Höhlungen, als Ueberzüge der sogenannten Schleimhäute, weiche, kernhaltige Bläschen; oder sie haben wie an der Oberhaut der äusseren Körperbedeckung des Menschen theilweise die

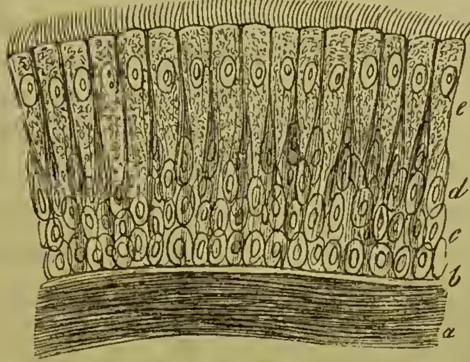
blasige Natur aufgegeben und sind härtlich geworden, verhornt; diese aus feinen Zellenblättchen bestehende obere Hautlage heisst Epidermis (Fig. 22.).

Fig. 22. (*K.*)



Epidermis eines zweimonatlichen menschlichen Embryo noch weich wie Epithelium, 350mal vergr.

Fig. 23. (*K.*)



Flimmerepithelium von der Trachea des Menschen, 350mal vergr. *a.* äusserster Theil der elastischen Längsfasern, *b.* helle äusserste Lage der Mucosa, *c.* tiefste runde Zellen, *d.* mittlere längliche, *e.* äusserste Flimmern tragende.

Je nachdem die Zellen in ein- oder mehrfacher Schicht das Epithel zusammensetzen, oder ihre Gestalt vom Rundlichen in's Polygonale oder Kegelförmige abändern, oder in Flimmerhaare ausgewachsen sind, spricht man von einem einfachen Epithel, einem geschichteten Epithel, Platten-, Cylinder-, Flimmer-Epithel. Man darf nicht ausser Acht lassen, dass das geschichte Epithel in seinen verschiedenen Lagen, sehr differente Zellenformen haben kann (Fig. 23.). So zeigt die Oberhaut des Menschen zu oberst feste Hornblättchen, welche kaum mehr an Zellen erinnern, in tieferen Lagen besteht sie in der sogenannten »Schleimschicht« aus rundlichen oder polygonalen Zellenbläschen mit Kernen.

Drüsen.

Auf fast allen freien Häuten, welche einen Epithelialüberzug besitzen, zeigt sich eine eigenthümliche Methode der Flächenvermehrung realisirt. Es finden sich nämlich in dem diesen Häuten als Gerüst dienenden Bindegewebe eine grosse Anzahl von Ein- und Ausstülpungen, von Buchten- und Zottenbildungen, welche alle von freien Zellen überkleidet werden. Die mit Zellen austapezirten Einstülpungen der mit Epithel bekleideten Häute sind das, was man in der Anatomie vorzugsweise als Drüsen bezeichnet. Ihre Grundform lässt sich auf die Handschuhfingerform zurückführen; von der Fläche auf dem Durchschnitt gesehen besitzen sie eine langgestreckte U-förmige Gestalt. Der innere Ueberzug des Nahrungsschlauches, die Schleimhaut des Magens und der Gedärme ist so gebaut, als hätte man in die z. B. aus plastischem Thone bestehende Haut dicht neben einander mit einem unten abgerundeten Stäbchen Vertiefungen eingedrückt, die Epithelzellen folgen allen diesen Eindrücken, und es entstehen so die einfach schlauchförmigen Magen- und Darmdrüsen. Manche Schlauchdrüsen rollen ihre Enden zu einem Knäuel zusammen, der dann einen einfachen Ausführungsgang zeigt wie die Schweissdrüsen der Haut (Fig. 24. 25.). An anderen Drüsenschläuchen zeigt sich die Höhlung selbst noch vielfach ausgebuchtet, gleichsam verästelt, so dass nach mannichfachen

Uebergängen daraus traubenförmige Drüsen wie in den Schleimhäuten, der Mund- und Respirationshöhle etc. entstehen (Fig. 26.). Dieselben Bildungen, welche wir bisher im Kleinen besprochen haben, können auch eine bedeutende Grösse annehmen. Sie besitzen dann ebenfalls entweder einen schlauchförmigen oder einen traubenförmigen Bau, sie werden im Gegensatze zu den bisher abgehandelten einfachen, zusammengesetzte Drüsen genannt. Als Beispiele einer zusammengesetzten traubenförmigen Drüse können die Speicheldrüsen dienen, für eine zusammengesetzte schlauchförmige: die Nieren. Diese grösseren Drüsen

Fig. 24. (*F.*)



Einfache schlauchförmige Drüsen der Magenschleimhaut vom Menschen.

Fig. 25. (*F.*)



Eine Knaueldrüse aus der Conjunctiva des Kalbes.

Fig. 26. (*F.*)



Eine Brunner'sche Drüse des Menschen.

sind mit einer bindegewebigen Kapsel umschlossen, welche ihre Fortsätze als Scheidewände und Stützen in das Innere hereinsendet. In diese Bindegewebshöhlen und Gerüste sind die Drüsenschläuche gleichsam eingekittet. Wo die Drüsenzellen dem Bindegewebsgerüste ansitzen, findet sich die Intercellularsubstanz zu jenen schon oben besprochenen, glasartigen Grenzhäuten verdichtet, welche jedoch ununterbrochen mit der Grundsubstanz des übrigen Bindegewebes zusammenhängen. Diese elastischen Grenzschichten sind das, was man die eigenen Häute, die Membranae propriae der Drüsen nennt. Man unterscheidet demnach an einer Drüse den von der Membrana propria gebildeten Drüsenschlauch und das denselben auskleidende Drüsenepithel. Die Drüsenzellen, welche, wie oben gezeigt, von den Epithelzellen nicht wesentlich verschieden sind, besitzen die ganze Mannichfaltigkeit der Gestaltungen, welche uns bei jenen begegnete.

Animale Gewebe.

Muskeln.

Als Grundlage der animalen Thätigkeiten der Empfindung und Bewegung haben wir das Nerven- und Muskelgewebe genannt. Das charak-

teristische der Gewebe liegt hier in der Verschmelzung zu höheren Gewebselementen, in denen die einzelne Zelle zur Erreichung eines Gesammtzweckes ihre Abgeschlossenheit manchmal fast vollkommen aufgeben kann.

Das Muskelgewebe besteht aus zwei Gruppen von Formelementen, die trotz ihrer scheinbaren Verschiedenheit sich auf einen Grundtypus zurückführen lassen. Die rundliche, embryonale Muskelzelle, die schon Contraction zeigt, wie so viele Zellen anderer Gewebe, wächst in die Länge, wobei der Kern auch die Längsform annimmt. (Fig. 27. u. 28.). Für eine Art der Bewegung bleiben diese einfachen Spindelzellen bestehen. Nur ein Theil der Bewegungen des menschlichen und thierischen Organismus bedarf zu ihrem Zustandekommen den Anstoss eines Willensactes. Die Bewegungen zum Nutzen des Verdauungsgeschäftes, die Bewegungen der Adern, die Auspressung der Drüsensecrete aus dem Innern der Drüseneinbuchtungen sind unwillkürliche Bewegungen. Sie werden von den unwillkürlichen Muskeln verrichtet, welche eine Zusammenhäufung von den genannten spindelförmigen Muskelzellen sind. Der Inhalt dieser Zellen hat die specifische Eigenschaft der Contractilität, d. h. er ist im Stande sich auf sogenannte Reize, die ihm in normalen Fällen vom Nervensysteme vermittelt werden, mit einer gewissen Langsamkeit zusammen zu ziehen, seinen Längsdurchmesser zu Gunsten des Querdurchmessers zu verkleinern. Die Zellenhülle nimmt daran nur einen passiven Antheil vermöge ihrer Elasticität. In dem Inhalt der unwillkürlichen Muskelzellen finden sich Körnchen eingestreut, welche sich optischen Hülfsmitteln gegenüber verschieden von der an deren Inhaltsmasse verhalten; sie brechen das Licht doppelt. Diese doppeltbrechenden Körperchen oder Disdiaklasten zeigen nur selten eine regelmässigere Anordnung, wodurch der Muskelzelleninhalt eine zarte Längsstreifung erhält; in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle sind sie ganz unregelmässig gestellt, so dass der Inhalt ein fast homogenes, glattes Aussehen besitzt. Man nennt danach die unwillkürlichen Muskeln auch glatte Muskeln.

Fig. 27. (*K.*)



Musculöse Faserzelle aus dem Dünndarm des Menschen.

Fig. 28. (*K.*)



Musculöse Faserzelle aus der fibrösen Hülle der Milz des Hundes, 350mal vergr.

Um willkürliche, rasche Kraftäusserungen hervorzubringen, hat die Natur jene eben beschriebenen Zellen primär ebenfalls benützt. Wir sehen hier aber regelmässig die mit der Spindelspitze an einander in Längsreihen angelagerten Zellen an den Berührungsstellen der Zellenspitzen ihre Membran verlieren, wodurch oft sehr lange, cylindrische Gebilde dargestellt werden. Diese »Muskelprimitivcylinder« sind noch von der ehemaligen Zellenmembran, die eine elastische Verdichtung erfahren hat, umschlossen, sie trägt den Namen Sarkolemma.

Der Inhalt des Sarkolemm'schlauches, der umgewandelte Zelleninhalt der combinirten Muskelzellen, hat die Fähigkeit der Contractilität in hohem Masse. Die auch hier vorkommenden doppeltbrechenden Körperchen besitzen eine sehr regelmässige Anordnung in Querreihen, wodurch eine zarte regelmässige Querstreifung des Muskelinhaltes entsteht. Man nennt danach die willkürlichen Muskeln auch quergestreifte, weil sie aus derartigen quergestreiften Muskelcylindern zusammengesetzt sind. Das Herz der Säugethiere und des Menschen, obwohl ein unwillkürlicher Muskel, besteht ebenfalls aus quergestreiften Fasern. — Die Primitivmuskelcylinder lagern bündelweise an einander, durch zarte bindegewebige Membranen umschlossen und zusammengehalten zu primitiven Muskelbündeln. Diese sind wieder zu mehreren von Bindegewebe umkapselt und stellen so die makroskopischen Muskelbündel dar, aus welchen sich die willkürlichen Muskeln zusammengesetzt erweisen. Die quergestreiften Muskelcylinder zeigen öfters besonders im Herzmuskel aber auch in anderen Muskeln des Körpers Verästelungen und Anastomosen.

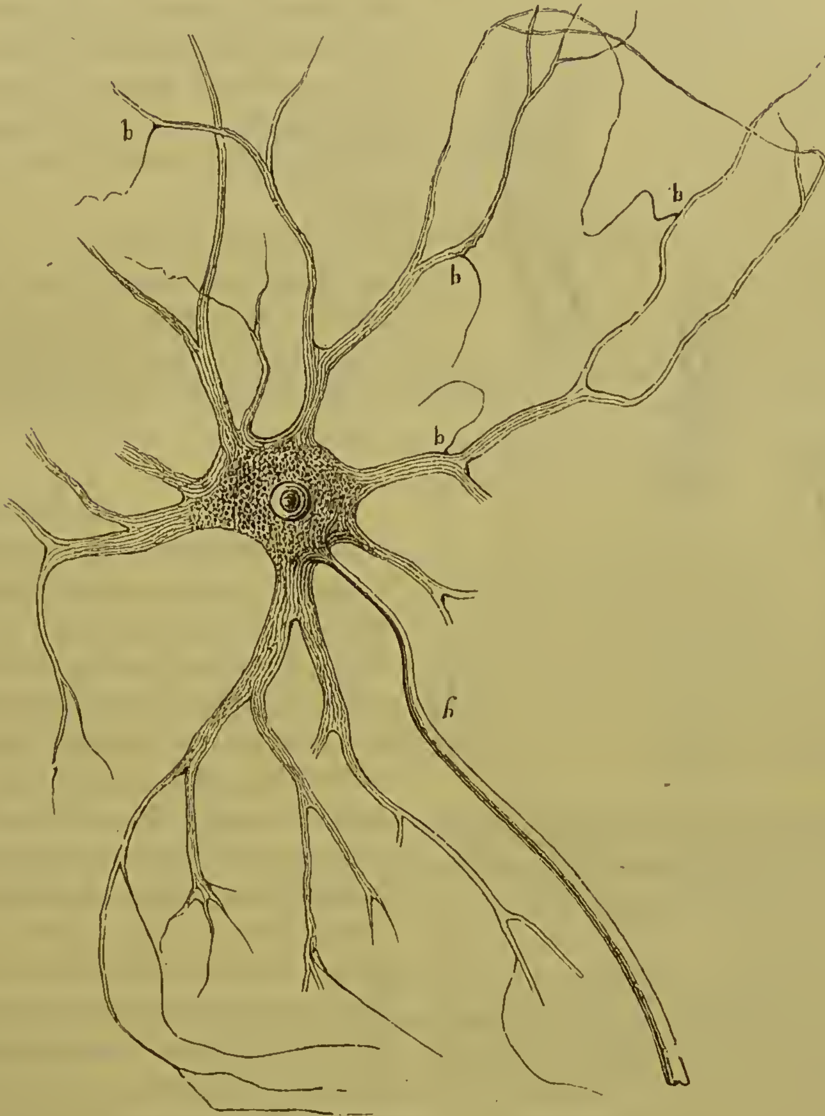
Nervengewebe.

Die Empfindung, die Antriebe zu Bewegungen des Muskelsystemes, die sogenannten Seelenthätigkeiten haben ihre materielle Grundlage im Gehirne und Rückenmark und den zu diesen centralen Nervengebilden gehörenden peripherischen Nerven, welche in grosser Anzahl aus Gehirn und Rückenmark ausgehen. Wir haben bisher alle Lebenserscheinungen in ihrem letzten Grunde auf den primitiven Organismus der Zelle zurückgeführt; auch für die Hervorbringung dieser höchsten animalen Thätigkeiten lässt sich kein anderes Instrument als die Zelle auffinden, die sogenannten Nerven- oder Ganglienzellen. Diese haben meist ein blasses, farbloses Ansehen und sind sehr leicht zerstörbar (Fig. 29.). Manchen scheint eine eigentliche Zellmembran zu fehlen namentlich in den Nervencentren. In ihren homogenen Inhalt sind zahlreiche Körnchen eingestreut, die in manchen Fällen eine gelbliche oder bräunliche Färbung zeigen, so in dem gelben Flecke der Netzhaut des Auges. Der Kern ist stets sehr deutlich, gross, rund mit einem oder mehreren Kernkörperchen. Die Grösse der Ganglienzellen ist sehr wechselnd, sie kann so bedeutend werden, dass sie sich mit freiem Auge als weisse Puncte unterscheiden lassen. Das, was sie vorzüglich vor anderen Zellenformen auszeichnet, ist das massige Ueberwiegen der Zellenfortsätze über die Zelle selbst. Von verschiedenen Seiten und in verschiedener Anzahl gehen diese von der Zelle ab, erreichen eine enorme Länge und treten, gleichsam selbständig geworden, eine grosse Anzahl durch Bindegewebe zu einem Nervenstamme vereinigt aus den centralen Nervenmassen, dem Gehirn und Rückenmark hervor. Jeder der vielen Fäden, welche sich zu einem Nerven vereinigt finden, steht demnach mit einer Nervenzelle in Verbindung, von welcher die Bewegungserscheinungen in ihm ausgehen.

Gehirn und Rückenmark selbst bestehen in ihren mikroskopischen Elementen nur aus einer Zusammenhäufung solcher Zellen und ihrer Fortsätze, eingebettet und zusammengehalten durch ein zartes Gebilde aus der Gewebsgruppe der Bindesubstanz. Die Vermittelung des Bewegungsantriebes und der

Empfindung zwischen Gehirn und Rückenmark geschieht durch Verbindungsfäden der Nervenzellen unter sich, welche aus den einzelnen Zellen eine feingegliederte Kette der Nervenbahnen in dem Centrum der Seelenthätigkeit herstellen.

Fig. 29.



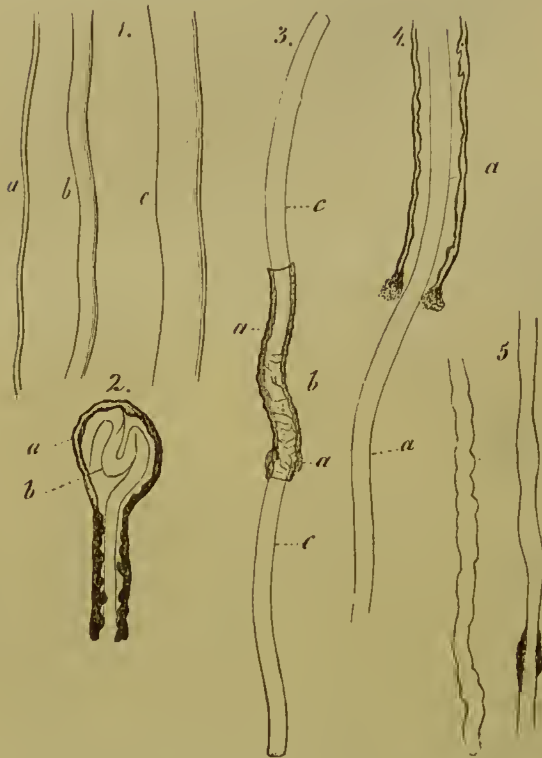
Centrale Nervenzelle (nach Deiters).

Die Ganglienzellen besitzen eine wechselnde Anzahl von Ausläufern, und man bezeichnet sie nach der Zahl derselben als unipolare, bipolare oder multipolare Zellen.

Ein Theil der Ausläufer der Nervenzellen erhalten den Namen Nervenfasern. Sie besitzen eine deutliche Membran, welche einen wie es scheint zähflüssigen Inhalt einschliesst, der bei den sogenannten dunkelrandigen Fasern eine Zusammensetzung aus zwei verschiedenen Substanzen zeigt. In der Mitte der Faser liegt ein weniger glänzender Strang, der sogenannte Achsencylinder, umgeben von einer stark fettähnlich glänzenden Masse, der sogenannten Markscheide. Bei dünneren Fasern zeigt sich diese Markscheide, welche bei dem Tode des Nerven zu eigenthümlich zackig-bröckeligen

Formen gerinnt, nicht. Diesen Fasern fehlt das glänzende Aussehen der markhaltigen und damit die dunkele Contour, sie werden danach als blasse Nervenfasern beschrieben, ihr Inhalt scheint nur aus dem Achsencylinder zu bestehen (Fig. 30.).

Fig. 30. (*K.*)



Nervenfasern bei 350maliger Vergrösserung. 1. Vom Hunde und Kaninchen im natürlichen Zustande, *a.* feine, *b.* mitteldicke, *c.* grobe Faser aus peripherischen Nerven. 2. Vom Frosche mit Serumzusatz, *a.* durch Druck herausgepresster Tropfen, *b.* Axencylinder in demselben in die Röhre sich fortsetzend. 3. Vom Rückenmark des Menschen frisch mit Serum, *a.* Hülle, *b.* Markscheide doppelrandig, *c.* Axencylinder. 4. Doppelrandige Faser des Ventriculus IV. des Menschen; der Axencylinder *a* hervorstehend und in der Faser sichtbar. 5. Zwei isolirte Axencylinder aus dem Marke, der eine mit wellenförmigen Begrenzungen, der andere mit leichten Anschwellungen und etwas anhängendem Marke.

Das Verhalten der Nervenfibrillen an ihren peripherischen Enden soweit sie nicht Ganglienzellen unter einander verbinden, findet an anderen Orten seine Besprechung. Ueberall enden sie in eigenthümlich gebaute Endorgane.

Auch ausserhalb des Gehirnes und Rückenmarkes in den sogenannten Ganglien finden sich Nervenzellen eingelagert, welche besonders den unwillkürlichen Bewegungen vorzustehen haben. —

So gelang es uns also den einfachen Bauplan des menschlichen Körpers in allen seinen Theilen nachzuweisen. Ueberall, in all den scheinbaren Verschiedenheiten, treffen wir auf das gleiche Formelement der Zelle, aus deren Anwesenheit und eigenthümlichen Metamorphosen wir die ganze Mannichfaltigkeit der Erscheinungen abzuleiten vermochten. Wir haben gleichzeitig mit der Kenntnissnahme von der organischen, elementaren Gestaltungsform einen ersten Blick in die Lebensvorgänge gethan; die zahlreichen Modificationen der Zellgestalt lassen uns vermuthen, dass wir uns auch in den übrigen Lebensverhältnissen der Zelle zwar auf eine Gemeinsamkeit im Allgemeinen, aber diese unter vielfachem Wechsel der Erscheinungsweisen versteckt, gefasst machen müssen.

Zweites Capitel.

Die Chemie der Zelle.

Elementare Zusammensetzung der organischen Stoffe.

In der Geschichte der Bildung der Organismen finden wir Formgesetze, welche von den in der anorganischen Natur sich bethätigenden wesentlich verschieden sind.

Die Zellform charakterisirt sich durch ihre Constitution aus heterogenen Theilen. Es gehört zum Begriff des Organismus also auch der Zelle, dass in ihm verschiedenartige Bestandtheile durch das Band der Lebensthätigkeiten zu einem grösseren Ganzen vereinigt werden. Anders ist es bei den Formen der anorganischen Stoffe. Der Krystall lässt sich zertrennen in immer kleinere und kleinste Stücke, von denen jedes die wesentlichen Eigenschaften des Mutterkrystalles besitzt.

Während die organische Formeinheit der Zelle erst an einer grösseren Anzahl zu einem Ganzen vereinigter Stoffatome in Erscheinung treten kann, ist die anorganische Formeinheit des Krystalles die Eigenschaft jedes einzelnen Atomes.

Entsprechend dieser Verschiedenheit in den Gestaltungsgesetzen scheint der Gedanke nahe zu liegen, dass auch die Stoffe, welchen durch das Leben die organische Form eingeprägt werden kann, wesentlich verschieden seien von den Stoffen der anorganischen Natur.

Die Chemie lehrt gegen dieses scheinbare Vernunftpostulat, dass die chemischen Elementarstoffe der Organismen nicht nur auch sonst auf der Erde in anorganischen Verbindungen vorkommen, sondern dass gerade die allerverbreitetsten die chemische Grundlage der Organismen darstellen.

In der Zelle haben wir die einfache schematische Form erkannt, auf welche sich alle Gestaltungsunterschiede der organischen Natur zurückführen lassen. Dieser Einfachheit der Gestalt der Organismen steht als nicht minder überraschende Thatsache die Einfachheit ihrer elementaren chemischen Zusammensetzung gegenüber.

Wie wir die Entdeckung des zusammengesetzten Mikroskopes als die Grundlage der Fortschrittsmöglichkeit in der Erkenntniss der Formgesetze der Organismen erkannt haben, so begegnen wir bei den folgenden Betrachtungen über den Chemismus der Zelle einem nicht weniger souveränen Hülfsmittel

der Untersuchung, auf welchem die grösste Zahl der mitzutheilenden Entdeckungen beruht: der chemischen Elementaranalyse der organischen Stoffe. Sie hat ihre Ausbildung vor allem durch JUSTUS VON LIEBIG erfahren, ein Name, der mit den grössten Entdeckungen unseres Jahrhunderts in dem Bereiche der chemischen und chemisch-physiologischen Forschung verknüpft ist. Die genannte chemisch analytische Methode besteht vorzugsweise in einer kunstgerechten Verbrennung der organischen Stoffe, welche es erlaubt, die entstandenen Verbrennungsproducte zu sammeln, zu wiegen und einer näheren chemischen Untersuchung zu unterwerfen.

Mit Hülfe dieser Methode hat die Wissenschaft gefunden, dass die eigentlich organisch-chemischen Stoffe nur aus einer äusserst geringen Anzahl einfacher Elementarstoffe zusammengesetzt sind. Nur 6 von den 60 Elementen der Chemie, aus denen sich der Körper unseres Planeten bestehend zeigt, betheiligen sich an der chemischen Bildung der Organismen. Es sind diese:

Sauerstoff	O
Stickstoff	N
Wasserstoff	H
Kohlenstoff	C
Schwefel	S
Phosphor	Ph (?)

Ein kleiner Theil der organischen Stoffe besteht nur aus zweien dieser sechs Elemente und zwar aus Kohlenstoff, der in keiner organischen Verbindung fehlt und somit als eigentlich organisches Element bezeichnet werden kann, und aus Wasserstoff. Es sind dieses die natürlichen Kohlenwasserstoffe, ölartige Verbindungen, wie das:

Citronenöl: $C_5 H_4$
Terpentinöl: $C_{10} H_8$
Wachholderöl: $C_{15} H_{12}$

Die (wasserfreie) Oxalsäure, die den anorganischen Verbindungen, wie die ebenangeführten Stoffe noch sehr nahe steht, ist nur aus Kohlenstoff und Sauerstoff zusammengesetzt:

(wasserfreie) Oxalsäure: $C_4 O_6$.

Weitaus die grösste Anzahl der organisch-chemischen Verbindungen, die Mehrzahl der organischen Säuren, die Kohlehydrate und Fette bestehen in ihrer Elementarzusammensetzung aus drei Elementen: Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff. Als Beispiele dieser Zusammensetzung können dienen:

für die organischen Säuren:
die Ameisensäure: $C_2 H_2 O_4$
die Essigsäure: $C_4 H_4 O_4$

für die Kohlenhydrate:
der Traubenzucker: $C_{12} H_{12} O_{12}$
der Rohrzucker: $C_{12} H_{11} O_{11}$

für die fetten Säuren:
die Margarinsäure: $C_{34} H_{34} O_4$

Bei der Betrachtung der eben angeführten Formeln der chemischen Zusammensetzung dieser organischen Stoffe springt sogleich in die Augen, dass das

Verhältniss, in welchem sich der Sauerstoff zu dem Wasserstoff in den Verbindungen findet, ein verschiedenes ist. Bei den erst angeführten organischen Säuren bliebe, wenn sich je ein Atom Wasserstoff mit einem Atom Sauerstoff zu Wasser HO verbinden würde, noch ein Ueberschuss von Sauerstoff zurück. Die Kohlehydrate erhalten ihren Namen von der Eigenschaft, dass in ihrer Zusammensetzung Sauerstoff und Wasserstoff genau in dem Verhältnisse eingetreten sind, dass bei ihrer gedachten Verbindung weder das eine noch das andere Element im Ueberschuss zurückbleiben würde; beide sind in dem Verhältniss vorhanden, dass sie ausreichen würden, mit einander Wasser zu bilden. Bei den fetten Säuren zeigt sich ein Ueberschuss von Wasserstoff; nur ein Theil des Wasserstoffes fände Material an vorhandenem Sauerstoff vor, um sich mit ihm zu Wasser zu vereinigen.

Eine weitere Reihe organischer Stoffe enthält ausser jenen drei Elementarstoffen noch Stickstoff; sie werden als stickstoffhaltige Verbindungen den bisher genannten als den stickstofffreien gegenübergesetzt. Man rechnet unter diese Gruppe auch die höchst zusammengesetzten chemischen Producte der Lebensthätigkeit, welche neben dem Stickstoff noch Schwefel und Phosphor (?) in ihrer Constitution besitzen.

Hierher gehören die stickstoffhaltigen organischen Säuren und Basen oder organischen Alkaloide und indifferenten krystallinischen Körper, welche in ihrer Zusammensetzung wenig von den letzteren sich unterscheiden. Einige derartige krystallinische Stoffe enthalten auch Schwefel.

Als Beispiele können dienen, für die N oder N und S haltigen Säuren:

die Hippursäure $C_{18}\ H_8\ NO_5 + HO$
die Taurocholsäure $C_{52}\ H_{45}\ NS_2\ O_{14}$

für die N und S haltigen Basen oder Alkaloide:

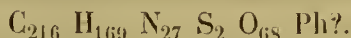
der Harnstoff $C_2\ H_4\ N_2\ O_2$
das Kreatinin $C_8\ H_7\ N_3\ O_2$
das Taurin $C_4\ H_7\ NS_2\ O_6$
das Caffeïn $C_{16}\ H_{10}\ N_4\ O_4$

Die höchst zusammengesetzten organischen Stoffe sind die Eiweissstoffe, unter denen das eigentliche Eiweiss oder Albumin als Hauptrepräsentant anzusehen ist. Sie enthalten ausser Schwefel und Stickstoff wahrscheinlich auch noch Phosphor. Stoffe welche in den Oxydationsprocessen der thierischen Zelle aus dem Eiweisse entstehen, sogenannte albuminoide Stoffe verlieren zuerst den Phosphor, dann den Schwefel und sinken somit wieder auf eine niederere Stufe der Complexität der chemischen Zusammensetzung herab; Phosphor und Schwefel sind am losesten mit dem sonstigen Atomcomplexe des Eiweisses verbunden.

In 100 Theilen enthält das Albumin:

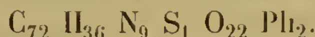
Kohlenstoff . . .	53,5
Wasserstoff . . .	7,0
Stickstoff . . .	15,5
Sauerstoff . . .	22,0
Schwefel . . .	1,6
Phosphor . . .	0,4

Daraus ergiebt sich eine ungemein hochcomplicirte Zusammensetzung. Nach einer Annahme würden sich 482 einfache Atome zu dem Atomcomplex des Eiweisses verbinden:



$$C_{216}\ H_{169}\ N_{27}\ S_2\ O_{68}\ Ph?.$$

Nach neueren Untersuchungen wäre die Zusammensetzung etwas einfacher. Doch nimmt Lieberkühn als Atomanzahl im Eiweiss immer noch 139 an:



$$C_{72}\ H_{36}\ N_9\ S_1\ O_{22}\ Ph_2.$$

Aschenbestandtheile der organischen Stoffe.

In den lebenden Organismen finden sich die organischen Stoffe, deren Zusammensetzung wir eben besprochen haben, fast niemals vollkommen frei vor. Sie sind stets gemischt oder in chemischen Verbindungen mit Stoffen anorganischer Natur, welche nicht zu der eigentlichen Constitution der organisch-chemischen Verbindungen gehören, die Eigenschaften derselben jedoch für das Leben der Organismen in wesentlicher Weise umgestalten, so dass diese anorganischen Stoffe für das Bestehen des Organismus und für die Lebensvorgänge in demselben von nicht geringerer Bedeutung sind, als die angeführten hochzusammengesetzten Verbindungen, aus denen die verbrennlichen Stoffe der pflanzlichen wie thierischen Organe bestehn.

Wenn ein pflanzlicher oder thierischer Körper verbrennt, sich mit Sauerstoff verbindet, so wird die Hauptmasse desselben, die aus den obengenannten 6 chemischen Elementen besteht, in gasförmige Verbrennungsproducte übergeführt. Ihr Kohlenstoff verbrennt zu Kohlensäure CO_2, der Wasserstoff verbindet sich ebenfalls zum Theil mit Sauerstoff zu Wasser HO; ein anderer Theil geht in gasförmiger Verbindung mit Stickstoff, wenn solcher zu der chemischen Constitution des verbrennenden Körpers gehörte, als Ammoniak NH_3 oder NH_4O in die umgebende Atmosphäre. Nur der Phosphor und der Schwefel, deren Sauerstoffverbindungen Phosphorsäure PhO_5 und Schwefelsäure SO_3 fixe Körper sind, bleiben nach dem Verbrennen als nicht gasförmiger Rückstand gemischt und verbunden mit den oben genannten anorganischen Stoffen als Asche zurück. Die anorganischen Stoffe in den Organismen werden als Aschenbestandtheile den eigentlich organischen Stoffen gegenübergestellt. Gewöhnlich wird durch die Aschenbestandtheile auch ein kleiner Theil der durch die Verbrennung des Kohlenstoffes erzeugten Kohlensäure gebunden, sodass auch Kohlensäure zu den Bestandtheilen der Asche gerechnet werden muss. Ausser den genannten drei Säuren der Asche finden sich in dieser mit basischen Stoffen zu Salzen verbunden noch:

Chlor Cl
Fluor Fl
Kiesel (Silicium) Si;

von basischen Stoffen:

Alkalien	Kalium	K
	Natrium	Na
alkalische Erden	Calcium	Ca
	Magnesium	Mg,

und normal als einziges schweres Metall:

Eisen Fe.

Die Alkalien und alkalischen Erden sind in der Asche meist an Schwefelsäure und Phosphorsäure, auch an Kohlensäure gebunden. Ein Theil der Alkalien findet sich als Chlorverbindungen. Das Fluor kommt als Fluorcalcium, das Silicium als Kieselerde vor.

Zu den anorganischen Bestandtheilen der Organismen gehört vor allem auch das Wasser, das die Hauptmasse der organisirten Körper ausmacht. Manche Pflanzenstoffe enthalten davon über 90%; auch die thierischen Organe bestehen meist zu 75% oder mehr aus Wasser.

Chemismus der Pflanzen- und Thierzelle.

Diesen anorganischen Stoffen, welche wir uns direct aus der Umgebung — Luft und Boden, Wasser — in Pflanze und Thier hereingekommen denken können, stehen die zuerst besprochenen gegenüber, welche von den Bestandtheilen der die Organismen umgehenden Natur in der Zusammenordnung der Atome, in ihrem chemischen Baue wesentlich verschieden sind. Sie haben mit diesen nur die elementaren Grundstoffe gemein, enthalten dieselben aber in einer in der anorganischen Natur nirgends vorkommenden Verbindungsweise. Der Unterschied in der chemischen Constitution der organischen und anorganischen Stoffe ist sehr in die Augen springend.

Der grösste Theil der anorganischen Verbindungen ist wie sich die Chemie ausdrückt: binärer Natur. Es sind nur je zwei Stoffe mit einander vereinigt. Nur dadurch, dass sich zwei binäre Verbindungen z. B. eine Säure und eine Basis mit einander zu einem Salze verbinden, entstehen in der anorganischen Welt Verbindungen von drei verschiedenen Elementarstoffen, ternäre Verbindungen.

Anders ist es bei den organischen Körpern. Nur äusserst wenige sind binär, die Mehrzahl ist ternär, quaternär und eine bedeutende Anzahl zeigt eine noch grössere Zahl von Elementen — wie wir sahen bis zu 6 — zu einem complicirten Stoffe vereinigt. Die organischen Verbindungen zeigen demnach in der Regel eine höhere Zusammensetzung als die anorganischen.

Bei den anorganischen Sauerstoffverbindungen zeigt sich dazu das charakteristische Verhalten, dass sie meist so viel Sauerstoff in sich haben, dass bei den gewöhnlichen Oxydationsbedingungen kein weiterer Zutritt dieses Stoffes in die Verbindung möglich ist, sie sind vollkommen oxydirt; sie sind, wie man auf den ersten Blick erkennt, Verbrennungsproducte, die keine weitere Verbrennung, keinen Mehrzutritt von Sauerstoff gestatten.

In den organisch-chemischen Verbindungen hingegen fehlt entweder der Sauerstoff gänzlich, oder er ist nur in so geringer Menge vorhanden, dass noch immer eine bedeutendere Quantität desselben nothwendig ist, um aus den sie zusammensetzenden chemischen Elementen Verbindungen mit anorganischem Charakter herzustellen. Die organischen Verbindungen können alle noch höher oxydirt werden, sie sind alle verbrennlicher Natur.

Dieser Charakter der Verbrennlichkeit, welcher die organischen Stoffe kennzeichnet, den anorganischen aber meist fehlt, wird den Elementarverbindungen der organischen Welt, indem sie Bestandtheile eines Organismus wer-

den, erst aufgedrückt. In dem Laboratorium der Zelle müssen sich Vorgänge finden, welche die aus der Umgebung aufgenommenen Sauerstoffverbindungen entweder gänzlich von ihrem Sauerstoff befreien, oder diesen doch zum Theil aus ihnen abscheiden, Vorgänge, die man mit dem Namen der Desoxydation bezeichnet. Die Kraft, welche die chemischen Verbindungen des Sauerstoffs, der die stärkste verwandtschaftliche Attraction zu allen Elementen besitzt, zusammenhält, muss durch eine grössere, in den Zellen zur Wirksamkeit kommende Kraft nicht nur paralysirt, sondern noch überboten werden, so dass der Sauerstoff bei der Bildung der organischen Stoffe frei werden kann.

Es war eine der grössten Entdeckungen der Physiologie, als man erkannte, dass diese Kraft der Desoxydation in den Pflanzenzellen zur Wirksamkeit kommt unter dem Einflusse des Sonnenlichtes und der Wärme. Dieser Entdeckung steht die andere gleichzeitige als nicht weniger wichtig zur Seite, dass die Lebenserscheinungen der thierischen Zelle nicht mit derartigen Desoxydationsprocessen, sondern im Gegentheile mit Oxydationsvorgängen verbunden sind.

Es war damit mit einem Schlage das Dunkel des Zusammenhanges des Thier- und Pflanzenreiches erhellt. Die chemischen Vorgänge in den scheinbar im Wesentlichen chemisch und physikalisch gleich gebauten Zellen der Pflanzen und Thiere sind principiell von einander verschieden. Während die Pflanzenzelle anorganische Sauerstoffverbindungen in sich als Nahrungsmittel aufnimmt und sie durch Desoxydation in organische Stoffe verwandelt, verwandelt die thierische Zelle, die ihre Nahrung aus dem Pflanzenreiche bezieht, die von der Pflanze gebildeten organischen Stoffe zurück in einfache, anorganisch zusammengesetzte Sauerstoffverbindungen.

Das organische Leben stellt sich danach chemisch als ein in sich geschlossener Kreislauf des Stoffes dar.

Die Pflanze eignet sich Stoffe aus der sie umgebenden anorganischen Natur an aus Luft und Boden und macht sie zu Bestandtheilen ihres Körpers. Die Bestandtheile der Pflanze werden zu Bestandtheilen des Thieres, die Bestandtheile des Thieres wieder zu Bestandtheilen des Bodens und der Luft, aus denen die Pflanze sie für das organische Leben zurück gewinnt. Der Kohlenstoff der Kohlensäure der Luft wird zum Kohlenstoff der Cellulose, des Stärkemehls, des Gummi's, der Pflanzensäuren und Alkaloide, des Klebers und des Albumins, er wird zum Kohlenstoff unseres Fleisches und Blutes und kehrt aus diesen in der Form von Kohlensäure wieder in die Luft zurück, aus der er stammte. Ebenso wie bei dem Kohlenstoffe ist für alle chemischen Elemente des thierischen und menschlichen Leibes und der diese zusammensetzenden Zellen der Ursprung aus der anorganischen Natur nachzuweisen, aus denen sie von der Pflanze aufgenommen und zu organisch chemischen Verbindungen verarbeitet werden, aus denen der thierische Organismus seine Organe aufzubauen vermag. Der letztere eignet sich die von der Pflanze vereinigten Stoffe an, nicht etwa um sie in noch höhere und complicirtere Producte zu verwandeln, sondern um sie zu zersetzen und ihnen die Eigenschaften der anorganischen Körper wieder zu ertheilen.

Wir verstehen so, wie die chemische Zusammensetzung der thierischen

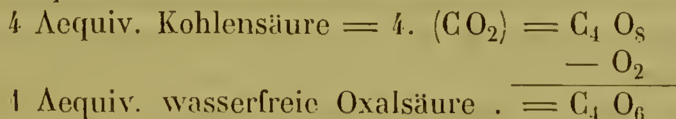
und pflanzlichen Zelle im Wesentlichen eine gleiche sein kann. Wir finden in beiden die höchst zusammengesetzten organischen Stoffe neben anderen, welche sich noch weniger von den chemischen Verbindungen anorganischer Art unterscheiden. Bei den Pflanzenzellen müssen aber diese letzteren als Vorstufen zur Bildung der höchsten Producte der organisch-chemischen Lebensvorgänge angesehen werden, bei den Thierzellen dagegen, als die Zeugen einer regressiven Thätigkeit, als die Zersetzungsproducte der höher zusammengesetzten Stoffe.

Wir finden somit einen principiellen Unterschied in dem Chemismus der Zellen, je nachdem sie einem der beiden organischen Reiche zugehören; aus ihm erklärt sich die wesentliche Verschiedenheit der Lebensäusserungen der Pflanzen- und Thierzelle. Während die eine — die Pflanzenzelle — von aussen her Kräfte beziehen muss, um die Trennung der festen chemischen Verbindungen, die sie als Nahrung aufnimmt, zu Stande zu bringen, vermag die andere — die Thierzelle — die Oxydation, welche auch in der anorganischen Natur eine Hauptquelle mechanischer Leistungen ist, zur Hervorbringung von Kraftäusserungen ausserhalb ihres Körpers zu verwenden. Die Pflanzenzelle verbraucht bei ihren chemischen Vorgängen Kräfte, die sie als Licht und Wärme von der Sonne bezieht; die Thierzelle producirt durch ihre chemischen Vorgänge Kräfte, die vor allem als Wärme und mechanische Bewegung lebendig werden.

Die Stoffbildung in der Pflanzenzelle.

Die chemischen Zellenvorgänge in der Pflanze sind wie gesagt der Hauptsache nach Desoxydationen. An einem Beispiele wird dieses Verhalten am leichtesten anschaulich werden.

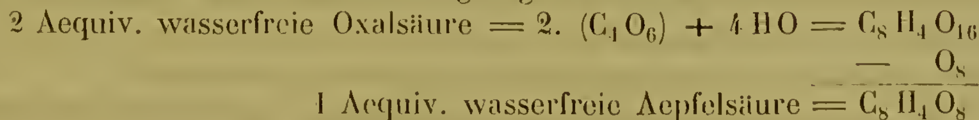
Die aus der Luft stammende Kohlensäure — sie ist darin in sehr geringen Mengen vorhanden, in normaler Luft nur zwischen 4 — 6 Zehntausendstel — ist eine der Hauptquellen der organischen Stoffe. Einer der verbreitetsten organischen Körper: die Oxalsäure, kann entstanden gedacht werden durch Austritt eines Bruchtheils Sauerstoff aus der Zusammensetzung der Kohlensäure. Durch Austritt von 2 Aequivalenten Sauerstoff aus 4 Aequivalenten Kohlensäure entsteht 1 Aequivalent wasserfreie Oxalsäure:



$$\text{4 Aequiv. Kohlensäure} = 4.\ (CO_2) = C_4\ O_8$$
$$- O_2$$
$$\text{1 Aequiv. wasserfreie Oxalsäure} = C_4\ O_6$$

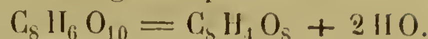
Auf analoge Weise, nachdem sich die Oxalsäure noch mit Wasser verbunden hat, entstehen aus ihr höher zusammengesetzte Stoffe mit einem geringeren procentischen Sauerstoffgehalt, welche ausser Kohlenstoff und Sauerstoff noch Wasserstoff als Elementarbestandtheil besitzen, z. B.:

1 Aequiv. Aepfelsäure enthält die Elemente von 2 Aequiv. wasserfreier Oxalsäure, in welchem 4 Aequiv. Sauerstoff vertreten sind durch 4 Aequiv. Wasserstoff. Die Formel der Entstehung der Aepfelsäure aus Oxalsäure gestaltet sich nach dieser Voraussetzung folgendermassen:



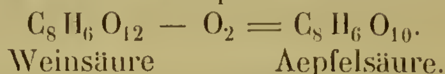
$$\text{2 Aequiv. wasserfreie Oxalsäure} = 2.\ (C_4 O_6) + 4\ HO = C_8\ H_4\ O_{16}$$
$$- O_8$$
$$\text{1 Aequiv. wasserfreie Aepfelsäure} = C_8\ H_4\ O_8$$

Die Formel der wasserhaltigen Aepfelsäure ist:



$$C_8 H_6 O_{10} = C_8 H_4 O_8 + 2 HO.$$

Diese Zusammensetzung unterscheidet sich von der Zusammensetzung der Weinsäure nur dadurch, dass die letztere noch 2 Aequiv. Sauerstoff mehr enthält als die erstere, so dass demnach die Weinsäure den anorganischen Verbindungen noch näher steht als die Aepfelsäure:



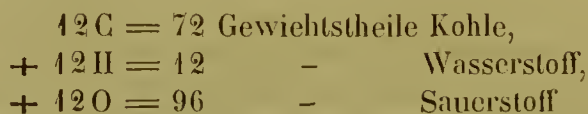
$$C_8 H_6 O_{12} - O_2 = C_8 H_6 O_{10}.$$

Weinsäure Aepfelsäure.

Neben der Verminderung des Sauerstoffgehaltes der anorganischen Nahrungsmittel der Pflanze, der Desoxydation derselben, finden sich in den Pflanzen noch zwei andere Vorgänge bei der Bildung der organischen Verbindungen. Das einfachste Schema des ersteren ist unter den oben angeführten Entstehungsformeln schon enthalten: der Vorgang der Verbindung einzelner Nahrungsstoffe zu einer complicirten Gruppe von Elementen, die Synthese. So verbinden sich die Elemente der Kohlensäure und des Wassers, so dass aus dieser Verbindung unter gleichzeitiger Desoxydation chemische Stoffe aus drei Elementen: C, O und H entstehen können. Dadurch, dass Ammoniak — ein beständiger, wenn auch äusserst kleiner Luft- und Bodenbestandtheil, der aus der Verwesung organischer stickstoffhaltiger Stoffe hauptsächlich entsteht — in die Verbindungen eintritt, kommt zu den genannten drei Elementen noch der Stickstoff als viertes hinzu. Den Schwefel- und Phosphorgehalt der allercomplicirtest zusammengesetzten organischen Stoffe bezieht die Pflanze aus dem Boden als Sauerstoffverbindungen, als Schwefelsäure und Phosphorsäure.

Es wäre freilich vollkommen irrig, wenn man annehmen wollte, dass die Entstehung der organischen Verbindungen in der Art in den Pflanzenzellen vor sich ginge, dass die Elementarstoffe direct mit einander in Verbindung treten. Der Entstehungsvorgang ist weit complicirter, wie aus den Erfahrungen hervorgeht, die die Chemie bei der künstlichen Synthese organischer Verbindungen im Laboratorium gewonnen hat.

Es ist gelungen, eine nicht unbedeutende Reihe organischer Stoffe künstlich aus anorganischen darzustellen. Niemals gelingt dieses aber in der Weise, dass wir direct die Gewichtsverhältnisse, in denen die Elemente in den organischen Verbindungen sich finden, zusammenmischen. Die Formel des Traubenzuckers ist gleich: $C_{12} H_{12} O_{12}$. Wir können ihn nicht darstellen dadurch dass wir:



12 C = 72 Gewichtstheile Kohle,
+ 12 H = 12 - Wasserstoff,
+ 12 O = 96 - Sauerstoff

zusammenmischen. Es würde daraus weder Zucker noch eine andere organische Verbindung hervorgehen. Immer müssen es Atomgruppen sein, die sich hier vereinigen.

Es kommt in den organischen Verbindungen wohl keines der sie constituirenden Elemente als Einzelatom vor. Von dem Kohlenstoff ist dieses so bekannt und sicher, dass man das Einzelatom des Kohlenstoffs: C = 6 von vielen Chemikern in den organischen Formeln direct verdoppelt findet, sie schreiben anstatt C_2 dann C = 12, welche beiden Ausdrücke identisch sind.

In den complexeren anorganischen Verbindungen finden sich die Elemente,

aus denen sie zusammengesetzt sind, auch nicht so direct mit einander verbunden, dass wir erstere durch einfache Mischung der letzteren erzeugen könnten.

Das schwefelsaure Kali zeigt sich zusammengesetzt aus

1 Atom Kalium,
1 Atom Schwefel,
4 Atome Sauerstoff,

es hat also die Formel KSO_4; wir wissen aber, dass die Atome nicht so wie in dieser Formel zusammenliegen. Wir wissen, dass eines der vier Atome Sauerstoff mit dem Kalium zu KO vereinigt ist, während die drei anderen mit dem Schwefelatome Schwefelsäure bilden SO_3. Diese beiden Atomgruppen KO und SO_3 verbinden sich erst zu dem schwefelsauren Kali, in welchem sie noch trennbar vorhanden sind.

In den organischen Stoffen werden diese Verbindungsverhältnisse dadurch complicirt, dass hier mehr oder weniger zusammengesetzte Atomgruppen die Rolle von einfachen chemischen Elementen spielen. Derartige Atomgruppen werden als organische Elemente oder Radicale bezeichnet. Die Entdeckung dieser Thatsache hat ein Licht auf eine grosse Reihe von Verbindungen geworfen; man hat sie in ihrer (rationellen) wahren Atomlagerung erkannt und es gelang dadurch zuerst organisch-chemische sonst nur unter der Einwirkung des Lebensprocesses entstehende Stoffe künstlich darzustellen.

Die Atomgruppe (C_2N) spielt als Cyan = Cy ganz die Rolle einer der Salzbildner z. B. des Chlors. Es geht dieselben Verbindungen ein wie jenes, z. B. mit Wasserstoff, Kali, Natron, Ammoniak, die ganz analoge Eigenschaften zeigen. Es verbindet sich mit Sauerstoff zu Cyansäure. Die Formel des Hauptbestandtheiles des Harnes der Thiere und Menschen, des Harnstoffs ist $C_2H_4N_2O_2$; ganz dieselbe Atomzahl findet sich im cyansauren Ammoniak. Durch Verdunstung einer Lösung des letzteren Salzes gelang es Wöhler den Harnstoff in reichlicher Menge darzustellen. Es lagern sich dabei die Atome um. Die Atomlagerung im:

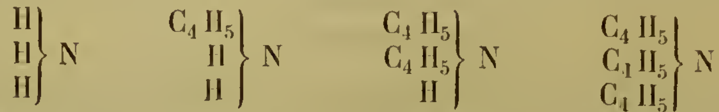
cyansauren Ammoniak ist = $C_2NO.\ NH_4O$,
im Harnstoff . . . . . . = $C_2O_2,\ H_4N_2$.

Andere organische Atomgruppen oder Radicale spielen die Rolle von Basen z. B. das Aethyl = Ae = C_4H_5. Es findet sich Aethyloxyd, Aethyloxydhydrat, schwefelsaueres Aethyloxyd, Chloräthyl etc. gerade so und mit denselben Sauerstoff- und Säuremengen wie Kaliumoxyd, Kaliumoxydhydrat, schwefelsaueres Kaliumoxyd etc.

Da Atomgruppen die Rolle von Elementen spielen, so können die Elemente eines zusammengesetzten Körpers Aequivalent um Aequivalent durch andere Elemente oder Atomgruppen, welche sich wie Elemente verhalten, ersetzt, substituirt werden. Vor allem leicht wird der Wasserstoff durch Elemente und Radicale vertreten.

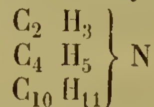
Besonders zu bemerken ist, dass wenn die Substitution zu gleichen Aequivalenten stattfindet, der Körper dann seinen chemischen Charakter beibehält; der eingetretene Atomcomplex spielt in ihm dieselbe Rolle wie der substituirte Bestandtheil.

Als Beispiel mag hierfür das Aethylamin dienen. In dem Ammoniak kann 1 Aeq H durch Aethyl = $C_4 H_5$ vertreten werden, es entsteht dann Aethylamin, das noch die Eigenschaften des Ammoniak besitzt. Es können aber auch 2 Aeq. H durch Aethyl vertreten werden, ja alle drei, ohne dass sich der chemische Charakter des Ammoniaks änderte. Diese Substitution geht nach der Formel:



Ammoniak; Aethylamin; Dyäthylamin; Triäthylamin.

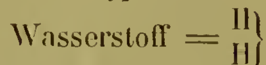
Es können auch die verschiedenen Aeq. H durch verschiedene Radicale vertreten werden, wie z. B. Methyl-Aethyl-Amylamin:



Es ist verständlich wie ungemein complicirt durch derartige Substitutionen die Zusammensetzungen der organischen Körper werden können. Zugleich aber geben sie Grund zur Hoffnung, dass es einst gelingen werde, die allerzusammengesetztesten Stoffe künstlich erzeugen zu können, wenn man nur erst einmal die Anordnung ihrer Moleküle erkannt haben wird.

Nach der GERHARDT'schen Typentheorie sind es nur einige Stammatomcomplexe, aus welchen durch Substitution die Anzahl der jetzt in ihrer Atomlagerung bekannten organischen Stoffe entstanden sind. Es werden diese Atomcomplexe als Typen bezeichnet.

Der erste derselben ist der Typus:



Aus ihm entstehen vor allem die Radicale, ihre Wasserstoff- und Metallverbindungen, z. B.:

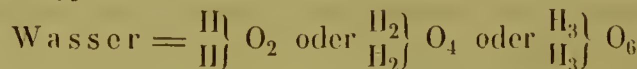


Typus Wasserstoff; Methyl; Methylwasserstoff; Methylzink.

Ein anderer Typus ist:

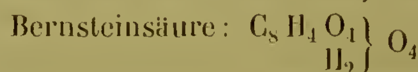


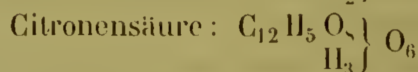
Ein dritter Typus ist das:



Aus ihm entstehen Alkohole, Aether, Säuren, z. B.:



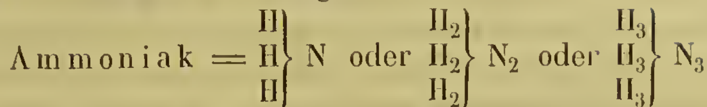




Ein vierter Typus ist der des:



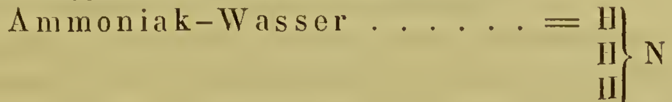
Ein fünfter besonders wichtiger der des:



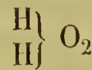
$$\text{Ammoniak} = \left.\begin{matrix}H\\H\\H\end{matrix}\right\} N \text{ oder } \left.\begin{matrix}H_2\\H_2\\H_2\end{matrix}\right\} N_2 \text{ oder } \left.\begin{matrix}H_3\\H_3\\H_3\end{matrix}\right\} N_3$$

aus dem sich ein grosser Theil der organischen Basen ableiten lässt, nach den schon oben beispielsweise mitgetheilten Formeln.

Ausser diesen Typen werden noch der Typus



$$\text{Ammoniak-Wasser} \ldots\ldots = \left.\begin{matrix}H\\H\\H\end{matrix}\right\} N$$



$$\left.\begin{matrix}H\\H\end{matrix}\right\} O_2$$

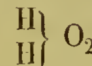


$$\text{Phosphorwasserstoff} \ldots\ldots = \left.\begin{matrix}H\\H\\H\end{matrix}\right\} P$$

und



$$\text{Phosphorwasserstoffwasser} = \left.\begin{matrix}H\\H\\H\end{matrix}\right\} P$$



$$\left.\begin{matrix}H\\H\end{matrix}\right\} O_2$$

angenommen. —

Abgesehen von den Aschenbestandtheilen bestehen die Pflanzennahrungsmittel aus Wasser, Ammoniak und Kohlensäure. Aus diesen entstehen zuerst noch sehr einfach constituirte chemische Stoffe. Dadurch, dass nun weiter aufgenommene anorganische Nahrungsstoffe mit diesen einfachsten organischen Körpern in Verbindung treten, dadurch dass die anfänglich gebildeten einfacheren organischen Stoffe auch unter einander sich mannigfach vereinigen, entstehen endlich die hochzusammengesetzten organischen Verbindungen. Aus dieser Entstehungsweise der organischen Stoffe erklären sich die mannigfach verschiedenen Eigenschaften, welche wir sogar an solchen wahrnehmen, welche procentisch die gleiche Elementarzusammensetzung besitzen. Trotzdem dass alle nur aus sehr wenigen und zwar den gleichen Elementen bestehen, besitzen sie die allerverschiedenste chemische Dignität. Ein Theil der einfachsten organischen Stoffe trägt den Charakter der Säuren, andere verhalten sich diesen gegenüber als basische Körper: die sogenannten organischen Alkaloide. Es ist einleuchtend, dass durch den Zusammentritt zweier dieser Stoffe zu salzartigen Verbindungen Körper der verschiedensten Art entstehen können, welche entweder einen indifferenten Charakter analog den anorganischen indifferenten Salzen besitzen, oder je nach dem Vorherrschen des einen oder des anderen, wie saure oder alkalische Salze, mehr den Charakter von Säuren oder Alkalien an sich erkennen lassen. Als Beispiel solcher Verbindungen kann das künstlich dargestellte Senföl dienen, es besteht aus einer Verbindung des Radicals Allyl $= C_6H_5$ mit dem Radicale Rhodan $= C_2NS_2$. Das Senföl ist: Rhodanallyl $= (C_6H_5)\ (C_2NS_2)$. Das Rhodan kommt mit Kali verbunden auch im Speichel vor: (C_2NS_2) K.

Alle die Atomgruppen, aus denen sich ein hoch complicirter organischer Stoff zusammensetzt, behalten auch in dieser Vereinigung zu einem chemischen

Ganzen doch noch eine nicht zu verkennende Selbständigkeit. Es erinnert dieses Verhalten an die Constitution des zusammengesetzten Organismus, dessen Theile, die Zellen, sich zu einer höheren Einheit zusammenschliessen, ohne ihre Selbständigkeit dabei vollkommen einzubüssen. In einer jeden complicirten Verbindung findet sich eine Anzahl von Atomgruppen, Paarlinge, aus denen sich die Verbindung zusammensetzte. Die Atome, welche eine solche Atomgruppe bilden, stehen zu einander in einer weit innigeren Beziehung als zu allen übrigen. Einflüsse wie Licht, Wärme, Elektricität, chemische Einflüsse, welche die organisch-chemischen Verbindungen unter Umständen zersetzen können, bewirken zuerst einen Zerfall derselben in jene constituirenden Gruppen chemischer Atome; so dass die Verbindungen höherer Zusammensetzung primär zu einfacheren, auch noch organisch constituirten Stoffen zerfallen, ein Vorgang, dem man als Spaltung bezeichnet. Meist gehen diese Spaltungen mit Aufnahme von Wasser oder Sauerstoff in einen oder alle Paarlinge einher.

Man kann sich die eben vorgetragene Theorie der Zusammensetzung und des Zerfalles der organischen Stoffe unter einem Bilde anschaulich machen, wenn man die Atome als Puncte bezeichnet und sich die Stärke ihrer gegenseitigen Anziehung durch die räumliche Näherung der Puncte darstellt, wie es die beistehende Figur eines sechszehnatomigen Stoffes erläutert



Je nach dieser Atomlagerung werden die Eigenschaften einer Verbindung verschiedene sein können von anderen, wenngleich beide die gleiche Atomzahl und die gleiche elementare Zusammensetzung besitzen. Man braucht sich nur zu denken, dass aus der Reihe der die organische Verbindung constituirenden Atomgruppen sich zwei näher verbinden als die anderen, so werden wir schon dadurch eine Veränderung in den Eigenschaften des Gesammtstoffs erhalten.

So entstehen also durch die Vorgänge der Desoxydation, Synthese und Substitution nach und nach aus den anorganischen Nährstoffen, welche die Pflanzenzelle aufnimmt, die organischen Körper, bei denen wir ihrem Entstehungsmodus entsprechend einen Fortschritt vom Einfachsten zum Complicirteren bis zur höchsten Complexität wahrnehmen.

Vegetabilische Nahrungsstoffe.

Für die Oekonomie der thierischen Zelle sind nicht alle in der Pflanze gebildeten Stoffe gleichwerthig. Im Allgemeinen ist es verhältnissmässig nur eine sehr kleine Anzahl von chemischen Verbindungen, welche die thierische Zelle zu ihrem Aufbau der Pflanzenwelt entlehnt.

Vor allem wichtig für das Thierreich sind die höchstzusammengesetzten Producte des pflanzlichen Zellenchemismus: die Albuminate oder Eiweissstoffe, deren rationelle chemische Formel = ihre Atomlagerung noch nicht erkannt ist. Die Pflanze erzeugt mehrere Modificationen des Eiweisses.

In allen Pflanzensäften ist das eigentliche Pflanzenalbumin enhalten, das in seiner Zusammensetzung mit dem im Thierreiche vorkommenden Eiweisse

ganz identisch ist. In den Körnern der Getreidefrüchte findet sich in ziemlicher Menge das Pflanzenfibrin oder der Kleber, in den Samen der Hülsenfrüchte, der Bohnen, Erbsen, Linsen das Pflanzencaseïn oder das Legumin. Die drei genannten Albuminate sind in ihrer chemischen Elementar-Zusammensetzung wohl gar nicht, in ihren Eigenschaften nur wenig verschieden. Alle Albuminate sind indifferente Verbindungen, sie besitzen weder einen saueren noch basischen Charakter und sind nicht flüchtig. Sie erscheinen meist in zwei Modificationen in einer löslichen und unlöslichen. In ersterer bilden sie einen wesentlichen Bestandtheil des flüssigen Zelleninhaltes, in der zweiten betheiligen sie sich an dem Aufbaue der Zellen, deren geformte Theile im Pflanzen- und Thierreiche der Hauptmasse nach aus der unlöslichen Eiweissmodification oder aus sehr nahestehenden chemischen Abkömmlingen derselben bestehen. Die lösliche Modification geht durch bestimmte chemische Vorgänge in der lebenden Zelle in die unlösliche über; künstlich kann dies durch Kochen und Säuren, bei einer Modification schon durch den Einfluss der Luft hervorgebracht werden. Auch mit Metalloxyden bilden sich in löslichem Eiweiss Niederschläge, die aus einer chemischen Verbindung der Oxyde mit dem Eiweisse bestehen. Alkohol fällt die gelösten Eiweissstoffe gleichfalls.

Neben den Albuminaten stehen als ebenfalls sehr bedeutungsvoll für den thierischen Haushalt die Kohlehydrate, von denen ein Theil in Wasser löslich, ein anderer unlöslicher im Pflanzenreiche als Material für die Bildung der äusseren Zellmembranen (Cellulose), oder zur Bildung fester, organisirter Körnchen im Zelleninhalte (Stärke) sich benützt findet.

Sie zeigen eine sehr in die Augen fallende Uebereinstimmung in der procentischen chemischen Zusammensetzung, wodurch die Leichtigkeit des Ueberganges des einen Kohlehydrates in das andere verständlich wird, obwohl auch ihre rationelle Formel noch nicht bekannt ist:

Cellulose	$C_{12} H_{10} O_{10}$
Stärkemehl . . .	$C_{12} H_{10} O_{10}$
Rohrzucker . . .	$C_{12} H_{11} O_{11}$
Gummi	$C_{12} H_{11} O_{11}$
Traubenzucker .	$C_{12} H_{12} O_{12}$

Auch die organischen Säuren, deren Hauptrepräsentanten schon oben angeführt wurden, können als freilich wenig bedeutende Nahrung der Thierzelle verbraucht werden.

Weit wichtiger als diese, im Ernährungswerthe sogar den Kohlehydraten vorgehend, sind die Fette.

Sie unterscheiden sich von den Kohlehydraten durch viel geringeren Gehalt an Sauerstoff.

Sie sind in dem Pflanzenreiche sehr verbreitet; es giebt wohl keine Pflanze und kein Pflanzengewebe, in denen nicht wenigstens Spuren von Fett vorkämen.

Die Fette gehören in Betreff ihrer chemischen Constitution zu den bestgekannten organischen Stoffen. Sie sind analog den anorganischen Salzen aus einer (Fett-) Säure und einem basischen Stoffe zusammengesetzt. Letzterer trägt den Namen Lipyloxyd: $C_3 H_2 O$. Er verhält sich in allen Eigenschaften den anorganischen Basen analog und wird aus seinen Verbindungen durch

stärkere Basen ausgetrieben. Die Alkalien, Kali und Natron verbinden sich dabei mit den Fettsäuren zu den sogenannten Seifen, welche die Eigenschaft besitzen, sich in Wasser zu lösen, während das Fett als solches in Wasser unlöslich ist. Das ausgetriebene Lipyloxyd hält sich nicht als solches, es verändert sich, indem zwei Atome zusammentreten, unter Aufnahme von 4 Aequiv. Wasser in Glycerin oder Oelsüss:

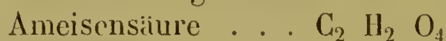

Lipyloxyd . . . $C_3 H_2 O$


2 Aequiv. Lipyloxyd + 4 Aequiv. Wasser = Glycerin $C_6 H_7 O_5 + HO$.

Die fetten Säuren, mit denen sich das Lipyloxyd in den verschiedenen Fetten verbunden zeigt, bilden eine ziemlich grosse Reihe. In den natürlichen Fetten kommen meist Mischungen von verschiedenen Lipyloxyd-Salzen vor.

Die Zusammensetzung der eigentlichen Fettsäuren ist eine sehr analoge nach der Formel $(CH)_n O_4$. Neben diesen kommen im Safte der Pflanzenzelle noch andere Säuren von dem gleichen Zusammensetzungs-Schema in reichlicher Menge vor, die flüchtigen Fettsäuren, die sich nur durch einen höheren Sauerstoffgehalt auszeichnen und somit offenbar als Vorstufen für die Bildung der eigentlichen Fettsäuren aufzufassen sind. Sie bilden eine Stufenfolge, bei welcher der Sauerstoffgehalt im Verhältnisse zu den beiden übrigen Elementen C und H immer mehr abnimmt:

I. Flüchtige Fettsäuren:

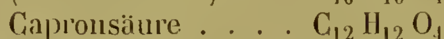

Ameisensäure . . . $C_2 H_2 O_4$


Essigsäure . . . . . $C_4 H_4 O_4$


(Propionsäure) . . . $C_6 H_6 O_4$


Buttersäure . . . . $C_8 H_8 O_4$

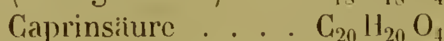

(Valeriansäure) . . $C_{10} H_{10} O_4$


Capronsäure . . . . $C_{12} H_{12} O_4$


Oenanthylsäure . . $C_{14} H_{14} O_4$


Caprylsäure . . . . $C_{16} H_{16} O_4$


(Pelargonsäure) . . $C_{18} H_{18} O_4$


Caprinsäure . . . . $C_{20} H_{20} O_4$

II. Eigentliche Fettsäuren:


Laurinsäure . . . . $C_{24} H_{24} O_4$


Coccinsäure . . . . $C_{26} H_{26} O_4$


Myristinsäure . . . $C_{28} H_{28} O_4$


Palmitinsäure . . . $C_{32} H_{32} O_4$


Stearinsäure . . . . $C_{36} H_{36} O_4$

Meist kommt mit diesen Säuren auch die Oelsäure gemischt vor, welche jedoch einer anderen aber sehr nahe verwandten Gruppe organischer Säuren angehört:


Oelsäure (Oleinsäure) $C_{36} H_{34} O_4$.

Die Fette treten theils vertheilt durch die ganze Pflanze auf, theils in gewissen Organen derselben angehäuft, namentlich in den Samen.

Man unterscheidet je nach der Consistenz Fette und Oele. Unter den pflanzlichen Fetten stehen oben an die sehr feste Cacaobutter, ein Gemisch aus Lipyloxydverbindungen der Stearin- und Palmitinsäure; das butterartige Palmöl, bestehend aus palmitin- und ölsaurem Lipyloxyd, und die weiche Cocosnussbutter, in welcher das Lipyloxyd mit Coccinsäure und Oelsäure

verbunden ist. Von den pflanzlichen Oelen wird das Olivenöl (Oelsäure und Palmitinsäure) vielfach als Nahrungsmittel benutzt. Das Mandel- und Rapsöl bestehen aus fast reinem ölsauren Lipyloxyd.

Die grosse Reihe weiterer chemischer Stoffe, welche in der Pflanze erzeugt werden, können zwar unter Umständen auch zu den Zwecken des thierischen Organismus verwendet werden, sie treten jedoch theilweise ihres hohen Sauerstoffgehaltes wegen in ihrer Bedeutung für das Bestehen der thierischen Zelle so sehr in den Hintergrund, dass wir sie hier füglich übergehen können.

Werfen wir dagegen, ehe wir diesen Gegenstand verlassen, noch einmal einen schliesslichen Blick auf die Art der Entstehung der pflanzlichen organischen Stoffe.

Es unterliegt keinem Zweifel, dass der höchst zusammengesetzte chemische Pflanzenstoff: das Albumin erst nach vollkommener Ausbildung der Pflanze als höchstes und letztes Product ihrer chemischen Thätigkeit gebildet wird. Wir finden darum dasselbe in vorzüglicher Menge in den Pflanzensamen stets neben einer reichlichen Menge von Stärkemehl. Die entstehende, noch unentwickelte Pflanze findet in diesen beiden Stoffen das Material zur Bildung ihrer Organe, die alle Eiweiss und aus Stärkemehl entstandene Kohlehydrate enthalten, in hinreichender Menge schon fertig gebildet vor. Die Pflanze erbaut sich aus diesen beiden Stoffen, indem sie Zelle auf Zelle entstehen lässt. Endlich hat sie die Ausbildung erreicht, die sie bedarf, um selbständig an die Herstellung neuer organischer Stoffe aus den Elementen gehen zu können. Wenn sich die ersten Blättchen und die Wurzel gebildet haben, beginnt die Pflanze ihr selbständiges Leben. Dieses besteht vor allem in einer Aufnahme von Kohlensäure, Wasser und Ammoniak und in einer correspondirenden Abgabe von Sauerstoff an die umgebende Luft zum Beweise, dass nun jene Desoxydationsprocesse im Innern der Pflanzenzellen stattfinden, auf denen wir vor allem die Bildung der organischen Stoffe beruhend gefunden haben. Es ist schon besprochen, dass diese Aufnahme von Kohlensäure und Abgabe von Sauerstoff nur unter Einwirkung des Sonnenlichtes stattfinde und zwar nur an den grünen Pflanzentheilen. Im Dunklen hauchen die Pflanzen dagegen Kohlensäure aus und nehmen etwas Sauerstoff dafür ein; die Wurzeln und nicht grünen Pflanzentheile thuen dieses stets, so dass hierbei also der umgekehrte Vorgang in geringerer Stärke stattfindet wie im Sonnenlichte.

Man kann sich vorstellen, dass die ersten Producte der selbständigen chemischen Action der Pflanzenzelle die Bildung der organischen Säuren aus Kohlensäure und Wasser sei. Aus der fortschreitenden Desoxydation etc dieser Säuren entstehen dann die Kohlehydrate und aus diesen auf analogem Wege die Fette, die in ihrer chemischen Constitution von jenen nicht absolut verschieden sind. Die Entstehung der Albuminate endlich kann schematisch so gedacht werden, dass sich mit einem Körper aus der Gruppe der Kohlehydrate oder der Fette (?), am wahrscheinlichsten mit einer Zuckerart ein oder mehrere complexe Stickstoff-, Schwefel- und Phosphor (?) haltige organische Atome vereinigen. Welcher Art dieser hypothetische Stoff sein könnte, ist nicht erforscht. Es finden sich ähnliche Vorstufen für die Bildung des Albumins nicht vor, wie die organischen Säuren für die Bildung des Zuckers. Das Albumin erscheint ganz ohne Vorstufen plötzlich. Wir müssen uns

also denken, dass jenes hypothetische N, S und P (?) haltige Atom sich im Augenblick seiner Entstehung sogleich mit einem jener stets im Ueberschuss vorhandenen Kohlehydrate verbindet, so dass es nicht frei gefunden werden kann. Es muss eine so lebhafte Beziehung zu den Kohlehydraten im allgemeinen oder zu einem derselben besitzen, dass es frei neben ihnen gar nicht zu existiren vermag.

Vergleichung der Stoffvorgänge in der Pflanzen- und Thierzelle.

Wir sahen das Leben der Pflanze an einen innigen Wechselverkehr mit Atmosphäre und Boden geknüpft; ebenso kann das thierische Leben nicht ohne eine beständige Verbindung mit diesen Agentien bestehen.

Der Verkehr der Pflanze und des Thieres mit Luft und Erde ist aber im innersten Wesen verschieden.

Während die Pflanze Luftbestandtheile — CO_2 und HO — in sich aufnimmt, um organische, hochzusammengesetzte Stoffe daraus zu bilden, bedarf das Thier der Luft, um die complexen organisch-chemischen Bestandtheile seines Leibes mit Hülfe des Sauerstoffes zu einfacheren Gebilden zu zersetzen. Während die Pflanzen der Luft fortwährend Kohlensäure entziehen und ihr dafür Sauerstoff zurückgeben, nehmen dagegen die Thiere Sauerstoff aus der Atmosphäre in sich ein, um ihn als Kohlenstoff und Wasser wieder auszuscheiden. Der Kohlenstoff dieser Kohlensäure, der Wasserstoff dieses Wassers stammt von den umgesetzten Geweben, die sich zersetzen unter der Einwirkung des Sauerstoffs, welchem von einigen chemischen Bestandtheilen des thierischen Organismus die Fähigkeit, sich bei verhältnissmässig niederer Temperatur mit den genannten Stoffen zu verbinden, ertheilt, der nach der Ausdrucksweise der Chemie durch jene in activen Sauerstoff oder Ozon übergeführt wird. Die Verbindungsproducte der thierischen Gewebestoffe aus Sauerstoff werden immer einfacherer und einfacherer Art, bis sie endlich als jene einfachsten anorganischen Stoffe der Umgebung des Thieres zurückgegeben werden. Für die Pflanze ist die atmosphärische Luft ein Nahrungsmittel; für das Thier ist sie Vermittlerin seines Stoffumsatzes, auf welchem alle seine activen Lebensthätigkeiten, seine Wärme- und Elektricitäts-Production, die Möglichkeit seiner mechanischen Kraftleistungen beruht.

Die Lebenserscheinungen der Pflanzenzelle sind verknüpft mit einem Austritt von Sauerstoff; die Lebenserscheinungen der Thierzelle mit einer Aufnahme von Sauerstoff.

Bei der Pflanzenzelle führen die Momente, welche der Grund des Sauerstoffaustrittes sind, zu einer Massenzunahme; die Sauerstoffaufnahme der thierischen Zelle führt zu einer Verbrennung, Oxydation ihrer Stoffe, und damit zu einer Abnahme an organischen Bestandtheilen.

Nach den Untersuchungen von Pettenkofer und Voit werden von einem erwachsenen menschlichen Organismus, von einem Mittelgewicht von etwa 130 Pfund im Tage 700 bis 1000 Grammen Sauerstoff aufgenommen, im Jahre also etwa 500—700 Pfund (1 Pfund = 500 Gramm), die an Körperbestandtheile gebunden den Organismus wieder verlassen. Bedenken wir, dass der menschliche Körper sich zu etwa zwei Dritttheilen aus Wasser und sonstigen

unorganischen Stoffen zusammengesetzt zeigt, welche alle eine höhere Oxydation nicht mehr zulassen, so ist es klar, dass der eigentlich organische Theil des Körpers in kürzester Zeit vollständig in Luft aufgelöst wäre, wenn nicht für den beständigen Verlust, den er erleidet, ihm eben so beständig Ersatz von aussen geboten würde. Wir sehen, dass der thierische Organismus darauf angewiesen ist, fort und fort Nahrung sich zuzuführen, durch welche der erlittene Verlust ausgeglichen wird. Dieses Ausgleichen ist unter normalen Verhältnissen so vollständig, dass nach Ablauf eines Jahres der erwachsene Körper kaum eine Gewichtsveränderung erlitten hat.

Die Vorgänge der Erzeugung der organischen Stoffe in der Pflanze und der Zerstörung derselben in den thierischen Organismen decken sich in ihrer Quantität vollkommen. Obwohl das Thier seinen Körperkohlenstoff zu Kohlensäure verbrennt, und dies beständig an Stelle des verzehrten Sauerstoffes der Atmosphäre übergiebt, nimmt trotzdem der Kohlensäuregehalt der Luft nicht zu, ihr Sauerstoffgehalt nicht ab, wie es ohne die Pflanzenvegetation unumgänglich nöthig wäre; durch die Pflanzen wird der Luft wieder alle zugeführte Kohlensäure vollständig entzogen und dafür Sauerstoff zurückgegeben, so dass die Zusammensetzung der Luft, abgesehen von localen Störungen, im Grossen und Ganzen niemals eine erkennbare Veränderung zeigt.

Wir sehen daraus, dass der stoffbereitenden Thätigkeit der Pflanzen die stoffverzehrende der Thiere vollkommen gleich ist; mit andern Worten: alle Stoffe, welche das Thier in sich aufnimmt, stammen aus dem Pflanzenreiche. Auch das fleischfressende Thier bezieht seine Nahrung mittelbar von der Pflanze. Es erhält von dem pflanzenfressenden Thiere, das ihm zur Nahrung dient, seine Körperbestandtheile bereits fertig gebildet, gleichsam in concentrirter Form. Der Pflanzenfresser hat sich die betreffenden Stoffe aus dem Pflanzenreiche angeeignet; zwar ebenfalls schon in einer Form, um sie direct zum Ersatz seines beständigen Stoffverlustes brauchen zu können, aber noch gemischt mit chemischen Verbindungen, welche theils geringen, theils gar keinen Nahrungsstoff besitzen.

So gestaltet sich also die Ernährung der Thiere in wunderbarer Einfachheit. Das Thier erhält in seiner Nahrung die Bestandtheile seines Blutes und Fleisches bereits fertig gebildet; seine Nahrung enthält die Stoffe schon so zubereitet, dass sie sich direct in seine Organe verwandeln können.

Die organischen Hauptbestandtheile des thierischen Körpers, des Blutes, des Fleisches, aller anderen Gewebe sind:

Albuminate,
Fette,
Kohlehydrate.

Die beiden ersteren Stoffgruppen dienen zur eigentlichen Gewebebildung direct, die Kohlehydrate erst indirect, indem aus ihnen Fette gebildet werden können. Alle drei Stoffgruppen bezieht das Thier aus dem Pflanzenreiche.

Das Wasser und die anorganischen Salze, welche sich in den thierischen Organen finden: die phosphorsauren Alkalien und Erden (Kalk und Bittererde), die kohlensauren Erden, Chlorkalium und Chlornatrium, schwefelsaure Alkalien, Eisen und Kieselerde stammen theils auch aus der von den Pflanzen entlehnten Nahrung, in

der sie stets vorhanden sind, theils werden sie im Trinkwasser, das sie gelöst enthält, aus dem Boden aufgenommen.

Der Leib der Thiere und Menschen wird also durch Vermittelung der Pflanzen aus Kohlensäure, Wasser und Ammoniak nebst einigen anorganischen Stoffen der Erdrinde erzeugt; die chemische Grundlage des thierischen Lebens sind die Bestandtheile der Luft und der Erde.

Im Grossen gestalten sich die chemischen Stoffverhältnisse des Pflanzen- und Thierreiches nach dem Gesagten in folgender Weise:

Die Pflanze:	Das Thier:
erzeugt Albuminate,	verzehrt Albuminate,
erzeugt Fette,	verzehrt Fette,
erzeugt Kohlehydrate,	verzehrt Kohlehydrate,
zersetzt Kohlensäure,	erzeugt Kohlensäure,
zersetzt Wasser,	erzeugt Wasser,
zersetzt Ammoniak,	erzeugt Ammoniak,
entwickelt Sauerstoff,	nimmt Sauerstoff auf
und ist ein Reductionsapparat.	und ist ein Oxydationsapparat.

Bestandtheile des Thierkörpers.

Albuminate.

Abgesehen von den anorganischen Salzen und dem Wasser, ohne welche ein thierischer Organismus unmöglich bestehen kann, die ihm, da auch sie beständig bei seinen Lebensthätigkeiten aus dem Körper verloren gehen, ebenso beständig wie die organischen Nahrungsstoffe wieder ersetzt werden müssen, besteht nach dem Obengesagten, die Nahrung der Thiere aus: Albuminaten, Fetten und Kohlehydraten. Gewöhnlich werden diese Nahrungsstoffe gemischt mit einander als Nahrungsmittel eingeführt. Doch sind sie für die thierische Oekonomie nicht gleichwichtig. Weitaus die höchste Stufe in dem Ernährungswerthe nimmt das Albumin in seinen verschiedenen Modificationen ein. Nicht nur ist es das wesentlichste Baumaterial auch für die animalen Zellen; es ist der wichtigste Bestandtheil des flüssigen Zelleninhaltes, es werden die Zellmembranen, der Zellkern aus Eiweissstoffen und ihren nächsten Abkömmlingen gebildet, — der thierische Organismus ist sogar im Stande sich allein von Eiweissstoffen zu ernähren ohne Zugabe eines anderen als der nöthigen anorganischen Nahrungsstoffe. Die Bildungsgeschichte des Eiweisses in der Pflanzenzelle macht dieses sein Ausreichen zur Ernährung des Thieres klar. Wir sahen, dass in den Atomcomplex des Albumins Stoffe eintreten, welche aller Wahrscheinlichkeit nach der Gruppe der Kohlehydrate und Fette angehören.

Es werden in dem Eiweisse dem thierischen Organismus sonach nicht allein das Albuminat selbst, sondern auch jene beiden anderen chemischen Stoffe, gleichsam implicite zugeführt. Das Eiweissatom zerfällt so leicht unter den Einwirkungen der thierisch-chemischen Zellenthätigkeit in jene constituirenden Atomcomplexe, dass der Organismus zu allen den Functionen, zu welchen er Fette und Kohlehydrate braucht, auch das Eiweiss direct wenigstens nach seiner Spaltung verwenden kann.

Stets erfährt das Albumin, indem es seine Verwendung im Organismus findet, wesentliche chemische Umgestaltungen.

In den Zellen der Milchdrüsen findet es sich in einer Modification, die als Caseïn, Käsestoff bezeichnet wird, welche sich nicht durch Hitze, wie das gewöhnliche Eiweiss, wohl aber durch alle anorganischen und organischen Säuren, auch durch Magensaft fällen lässt. Das Secret der Milchdrüsenzellen, die Milch, enthält das Caseïn in beträchtlicher Menge; das Gerinnen der Milch beruht auf einer Bildung von Milchsäure aus dem gleichfalls in der Milch enthaltenen Milchzucker, durch welche das Caseïn wie durch jede andere Säure gefällt wird. Nach neueren Untersuchungen (F. Hoppe) ist es wahrscheinlich, dass das Caseïn eine Verbindung des Eiweisses mit Kali ist, sogenanntes Kalialbuminat.

In den Muskelzellen und Muskelprimitivcylindern, wie im Nervengewebe finden sich ähnliche Modificationen des Albumins: die spontan gerinnenden Eiweisssubstanzen des Muskels: das Myosin. Sie werden schon durch eine verhältnissmässig niedere Temperatur in die unlösliche Modification übergeführt; im Froschmuskel bei 40—45°, im Säugethiermuskel bei 49—50° im Taubenmuskel bei 53° C. Mit dem Caseïn haben sie die Eigenschaft der Fällbarkeit durch Säuren gemein. Im arbeitenden und absterbenden Muskel entsteht wie in der sauerwerdenden Milch ebenfalls Milchsäure, die sogenannte: Fleischmilchsäure auch aus Zucker, der in der Muskelflüssigkeit normal enthalten ist; wie bei der Milch tritt auch im sauerwerdenden Muskel dadurch spontane Gerinnung der Eiweisssubstanzen ein.

Fig. 31. (*F.*)



Die Blutkrystalle des Menschen und der Säugethiere. *a* Blutkrystalle aus dem Venenblut des Menschen; *b* aus der Milzvene; *c* Krystalle aus dem Herzblut der Katze; *d* aus der Halsvene des Meerschweinchens; *e* vom Hamster und *f* aus der Jugularis des Eichhörnchens.

Ausser den genannten Eiweissstoffen findet sich im Muskel noch ein weiterer, das sogenannte Syntonin, das sich in sehr verdünnter Salzsäure löst.

In der Krystalllinse des Auges, in sehr vielen anderen Geweben, in den Blutkörperchen findet sich eine als Globulin benannte Eiweissform. Sie wird schon durch Kohlensäure aus ihren Lösungen gefällt, durch Sauerstoff wieder gelöst. In den Blutkörperchen geht das Globulin eine Verbindung mit einem rothen stark eisenhaltigen Farbstoffe ein und bekommt dadurch die Eigenschaft im rhombischen oder hexagonalen Systeme zu krystallisiren, der einzige Eiweisskörper der krystallinisch erhalten werden kann (Fig. 31.). Die genannte Eiweissverbindung ist die Ursache der

rothen Farbe der Blutkörperchen: Haematokrystallin. Dieser Stoff hat die äusserst wichtige Eigenschaft, auf welcher die Oxydationsmöglichkeit des thierischen Organismus beruht: den Sauerstoff in Ozon umzuwandeln, wodurch ihm die Fähigkeit, sich bei verhältnissmässig niederer Temperatur mit den Gewebsstoffen zu verbinden, ertheilt wird. Es zerfällt leicht in seine beiden Bestandtheile, von welchen der Farbstoff unter chemischen Einwirkungen sich noch weiter verändern kann.

Eine unter dem Einflusse der Luft spontan gerinnende Eiweissart kommt in der Flüssigkeit des Blutes vor: das Fibrin. Im lebenden Blute ist es gelöst enthalten und bekommt in dieser Eigenschaft den Namen: Fibrinogene Substanz. Diese gerinnt zu Fibrin, sowie sie dem Einflusse der lebenden Gefässwand entzogen ist. Es scheint vielleicht schon eine niedere Oxydationsstufe des Eiweisses zu sein. (?)

Die Elementaranalysen der Eiweissstoffe weisen alle eine so grosse Uebereinstimmung auf, dass man annehmen darf, dass sie alle von gleicher Zusammensetzung seien. Die procentische Zusammensetzung einiger derselben ist folgende:

	Albumin:	Fibrin:	Syntonin:	Globulin:	Caseïn:
C	53,5	52,6	54,1	54,5	53,6
H	7,0	7,0	7,3	6,9	7,1
N	15,5	17,4	16,0	16,5	15,7
O	22,4	21,8	21,5	20,9	22,6
S	1,6	1,2	1,1	1,2	1,0
P	?	?	?	?	?

Nächste Abkömmlinge der Albuminate.

Jene unlöslichen Eiweissmodificationen, aus welchen die Zellmembranen und Zellkerne bestehen, sind Oxydationsproducte des Albumins.

Ein Theil dieser Gebilde besteht aus leimgebendem Stoffe, Collagen, welcher durch Kochen in Leim, Glutin verwandelt werden kann, der sich in kochendem Wasser löst, in kaltem aber zu einer Gallerte gerinnt. Dieser leimgebende Stoff ist auch zu der Herstellung der Zwischenzellenmaterie des lockigen Bindegewebes verwendet. Bei dem Verknöcherungsprocess des lockigen Bindegewebes durch Einlagerung von Kalksalzen findet keine Veränderung der chemischen Gewebsgrundlage statt, auch aus dem Knochengewebe kann Leim erhalten werden. In hundert Theilen besteht er aus:

C	50,76
H	7,15
N	18,32
S	0,56
O	23,21

Wenig von dem leimgebenden Stoffe verschieden ist der Stoff, welcher das Knorpelzwischenzellengewebe bildet. Es kann aus ihm auch eine Leimart: das Chondrin, der Knorpelleim erhalten werden, der sich nur durch sein Verhalten gegen einige Fällungsmittel von dem Knochenleim, dem Glutin unterscheidet. Die procentische Zusammensetzung ist:

C 49,93
H 6,61
N 14,47
O 28,58
S 0,41

Die hornartigen Schüppchen der Epithelien und die aus solchen bestehenden Horngewebe wie Nägel, Haare, bei den Thieren die Hörner, Federn bestehen chemisch aus einem in Wasser vollkommen unlöslichem Stoffe: dem Keratin oder Hornstoff. Die Epidermis besteht aus:

C 50,28
H 6,76
N 17,21
O 25,01
S 0,74

Alle diese Stoffe, aus welchen die organisirten Gewebe sich erbaut zeigen, unterscheiden sich von dem Eiweiss durch einen höheren Sauerstoffgehalt. Uebrigens scheint die Constitution des Eiweisses in ihnen noch nicht wesentlich alterirt; sie enthalten alle noch Schwefel, aber keinen Phosphor.

Erst bei weitergehenden chemischen Veränderungen der Gewebsgrundlagen scheint neben der fortschreitenden Oxydation auch eine erste Spaltung in dem Atomcomplexe einzutreten. Bei dem Uebergang des leimgebenden Stoffes des lockigen Bindegewebes und des Knorpels in die mikroskopisch schon charakterisirte elastische Substanz verliert sich der Schwefel. Der Grundstoff des elastischen Gewebes: das Elastin ist schwefelfrei und in allen chemischen Agentien unlöslich. Die meisten Zellenmembranen und diesen gleichwerthige Hüllen bestehen aus diesem Stoffe.

In dem Schleimgewebe findet sich als Zwischenzellenmaterie das Mucin, der Schleimstoff, welcher in Wasser zähe, fadenziehende Quellungen bildet und schwefelfrei ist. Seine Zusammensetzung ist:

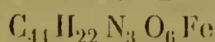
C 52,17
H 7,01
N 12,64
O 28,18.

Er entsteht auch durch den Zerfall der Zellen der Schleimdrüsen, sodass in dem Schleime, dem Secrete der Schleimdrüsen, als charakteristische Beimischung stets Mucin enthalten ist.

Der Farbstoff des Blutes, der sich mit dem Globulin zu Haematokrystallin vereinigt, enthält Stickstoff aber keinen Schwefel. Er trägt vom Globulin isolirt den Namen: Haematin, Blutfarbestoff. Die Zusammensetzung des Haematin ist:

C 63,547
H 5,445
N 10,396
O 11,881
E 6,931

Mulder stellte eine Formel für dasselbe auf:



$C_{44} H_{22} N_3 O_6 Fe$

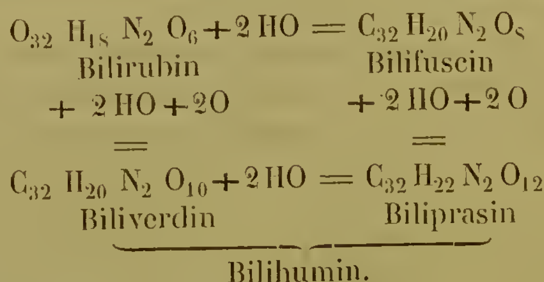
Er ist wohl auch ein Oxydationsproduct des Eiweisses, doch ist er charakterisirt von den übrigen derartigen Stoffen durch seinen bedeutenden Eisengehalt. In alten Blutextravasaten, die längere Zeit im Körper sich selbst überlassen bleiben, in Gehirnextravasaten, Hautsugillationen, in geplatzten Graaf'schen Follikeln findet sich eine Modification des Haematin, das sogenannte Haematoidin. Es hat noch eine rothe Farbe, ist aber eisenfrei. Es krystallisirt in rhombischen Prismen oder Nadeln. Noch wichtiger ist der Uebergang in Haemin, dessen Krystalle, die unter der gleichzeitigen Einwirkung von Kochsalz und Essigsäure auf eingetrocknetes Blut entstehen, zum mikrochemischen Nachweise des Blutes in gerichtlichen Fällen dienen (Fig. 32.).

Fig. 32. (*F.*)



Krystalle des Haemin.

Alle Farbstoffe, die sich im Körper finden, stammen von dem Blutfarbestoff ab. Die Farbstoffe des Muskels, des normalen Harns: Uroërythrin oder Urohaematin, die Pigmente der Hornsubstanz, der Haare, der Oberhaut, die Pigmente des Auges, der Lungen: das sogenannte Melanin, welches bei krankhafter Vermehrung krystallinisch wird. Vor allen genannten Farbstoffen ist der der Galle wichtig: das Bilirubin, das durch oxydirende Bedingungen in andere grün und braun gefärbte Pigmentstoffe übergehen kann: Bilifuscin, Biliverdin, Biliprasin, Bilihumin. Die Formeln dieser Stoffe zeigen, dass sich die einzelnen von einander nur durch Wasser- und Sauerstoffaufnahme unterscheiden:



$$O_{32}\,H_{18}\,N_2\,O_6 + 2\,HO = C_{32}\,H_{20}\,N_2\,O_8$$

Bilirubin — Bilifuscin

$$+\ 2\,HO + 2\,O \qquad + 2\,HO + 2\,O$$

$$= \qquad =$$

$$C_{32}\,H_{20}\,N_2\,O_{10} + 2\,HO = C_{32}\,H_{22}\,N_2\,O_{12}$$

Biliverdin — Biliprasin

Bilihumin.

Die Farbenveränderung, welche in Flüssigkeiten (Harn), die Gallefarbstoff enthalten, unter der Einwirkung der stark oxydirenden Salpetersäure eintritt, wird zum Nachweise dieses Stoffes benützt.

In der normalen Galle kommt wohl nur Bilirubin vor, dessen Name schon seine Farbe angibt, wie dieses auch bei den übrigen Gallenpigmenten der Fall ist. Es stimmt in seinen Eigenschaften und seiner Zusammensetzung mit dem Haematoidin überein, sodass man beide für den gleichen Stoff zu halten geneigt ist. Es zeigt das Haematoidin auch jenen Farbenwechsel mit Salpetersäure.

Unter die ersten Abkömmlinge des Eiweisses müssen auch der Mehrzahl nach die thierischen Fermente gerechnet werden, auf deren Anwesenheit in den Verdauungsorganen und ihren Säften deren Wirksamkeit beruht. Das Ferment des Speichels: Ptyalin, des Magensaftes: Pepsin, die verschiedenen Pancreas-Fermente, die Fermente der Darmabsonderung. Alle sind

hauptsächlich erst aus ihren Wirkungen bekannt, ihr Vorhandensein aus diesen erschlossen.

Spaltung des Eiweisses, seine Oxydationsproducte und die Grundgesetze der Ernährung.

Alle die bisher genannten Körper müssen als die ersten Oxydationsproducte der Eiweissstoffe angesehen werden. Immer noch sind es verhältnissmässig sehr hochcomplicirte Verbindungen. Infolge fortschreitender Oxydation wird endlich das Albumin in seine beiden Hauptatomcomplexe, den stickstoffhaltigen und den stickstofffreien gespalten, das ehemalige Albumin hört damit auf, als Gewebsbildner dienen zu können. Die bisher betrachteten Stoffe hatten die Eigenschaft des Krystallisirens nur in einem Falle gezeigt, sie waren im anorganischen Sinne amorph und aus diesem Grunde gerade geeignet, sich an der organischen Formbildung zu betheiligen. Die höheren Oxydations- und Spaltungsproducte des Eiweisses sind alle den anorganischen Körpern durch ihre Krystallisationsfähigkeit näher verwandt, ja man könnte sie in gewissem Sinne schon anorganisch nennen, da es in einigen hervorragenden Fällen gelungen ist, sie aus anorganischen Stoffen im chemischen Laboratorium zusammenzusetzen. Zuerst wurde, wie erwähnt, das Endproduct der Oxydation der stickstoffhaltigen Thierstoffe: der Harnstoff künstlich dargestellt.

Die Oxydationsproducte, welche aus der Spaltung des Eiweisses und seiner primären Abkömmlinge hervorgehen, sind anfänglich noch einer weiteren Oxydation fähig, sie können daher zunächst noch in dem thierischen Haushalte zu den Zwecken dienen, welche mit Hülfe der Oxydation erreicht werden müssen. Endlich erst werden sie zu jenen einfachen Verbindungen anorganischer Art, welche wir als Pflanzennahrung kennen gelernt haben. Doch tritt der Rückgang des stickstoffhaltigen Paarlings des Eiweisses in Ammoniak in normalen Verhältnissen nicht schon im Thierkörper selbst ein. Der Stickstoff verlässt den Organismus als Harnstoff, in einer Ammoniak- und Kohlensäureverbindung, welche unter den Einflüssen der anorganischen Natur rasch in seine beiden constituirenden Atomgruppen zerfällt.

Zwischen dem Harnstoff und dem Eiweisse selbst müssen sich im thierischen Körper unserer Darstellung gemäss zahlreiche Uebergänge finden, welche entsprechend der höheren Oxydation, die mit einer Abtrennung von Kohlenstoffatomen als Kohlensäure verbunden ist, eine stätige Abnahme des Kohlenstoffs und Zunahme des Sauerstoffs erkennen lassen. Da der Stickstoff in den Verbindungen sich nicht mit Sauerstoff verbindet, also, während nach und nach der Kohlenstoff immer mehr schwindet, in seiner Quantität nicht vermindert wird, so muss ebenso wie der Sauerstoffgehalt auch der Stickstoffgehalt der Verbindungen, je näher sie der schliesslichen anorganischen Form zu stehen kommen, zunehmen.

Es bildet sich so eine Reihe, in welcher von den höchstzusammengesetzten Stoffen an bis zu den wenigst complicirten der Gehalt an Stickstoff zum Kohlenstoff stetig wächst. Die stickstoffhaltigen Oxydationsproducte des Albumin's erinnern in ihrer Zusammensetzung sehr an die sogenannten pflanzlichen Alkaloide. Ordnen wir die stickstoffhaltigen Hauptabkömmlinge des

Eiweisses nach ihrem Kohlenstoff- und Stickstoffgehalt zusammen, so ergibt sich folgende Reihe:

Albumin	enthält	1	Aeq.	N	auf	8	Aeq.	C
Fibrin	,,	1	,,	N	,,	8	,,	C
Caseïn.	,,	1	,,	N	,,	8	,,	C
Chondrin	,,	1	,,	N	,,	8	,,	C
Keratin	,,	1	,,	N	,,	7	,,	C
Glutin und leimgebender Stoff .	,,	1	,,	N	,,	$6^1/_3$	,,	C
Inosinsäure	,,	1	,,	N	,,	5	,,	C
Glycin	,,	1	,,	N	,,	4	,,	C
Kreatin und Kreatinin	,,	1	,,	N	,,	$2^2/_3$	,,	C
Harnsäure	,,	1	,,	N	,,	$2^1/_2$	,,	C
Allantoin	,,	1	,,	N	,,	2	,,	C
Harnstoff	,,	1	,,	N	,,	1	,,	C.

Neben den stickstoffhaltigen Spaltungsproducten des Eiweisses entstehen zweifelsohne auch stickstofffreie, welche den Fetten und Kohlehydraten analog zusammengesetzt sind.

Die Fette und Kohlehydrate haben in dem thierischen Organismus sehr hervorragende Stellen auszufüllen. Sie dienen durch ihren Kohlenstoff- und Wasserreichthum zur Erzeugung jener wichtigsten Kräfteform, die die Physik als Wärme bezeichnet, ohne deren Mitwirkung kein thierisch-organischer Process zu Stande kommen kann. Sie gehen in dieser Beziehung den stickstoffhaltigen Spaltproducten des Eiweisses weit voran, obwohl wir auch jene in geringem Grade an der Wärmeproduction theilnehmen sehen, indem auch sie noch einer etwas höheren Oxydation fähig sind.

Man kann es mit einigem Rechte als Luxus bezeichnen, wenn alle Kräfteproduction der thierischen Zelle auf Kosten von Eiweiss stattfindet. Das Eiweiss erfordert zu seiner Constitution unter allen organischen Stoffen den grössten Kräfteverbrauch für die dasselbe erzeugende Pflanzenzelle. Es ist ein Luxus diesen kostbarsten Stoff des Pflanzenlebens zu Zwecken zu gebrauchen, zu denen auch weniger complicirte zu verwenden sind, wie z. B. die Fette und Kohlehydrate. Zur Wärmebildung eignet es sich dabei offenbar sogar weniger als jene genannten chemischen Körper, da nur etwa die Hälfte der Atome des Eiweisses in analogen Complexen in seiner Constitution enthalten ist, wie in den als Wärmebildner besonders werthvollen Stoffen; ein nicht unbedeutender Theil seiner verbrennlichen Atome bleibt im Harnstoff als Kohlenstoff und Wasserstoff unverbrannt zurück. Das Eiweiss hat seinen Hauptwerth nicht als wärmeerzeugender sondern als gewebebildender Stoff, es verbindet sich zwar dabei auch mit Sauerstoff und wird zu den Kräfteerzeugungen des Organismus verwendet, aber wie es bei normalen Verhältnissen scheint, erst dann, wenn es in den Geweben als Bestandtheil ausgedient hat. Der grösste Theil der Kräfteproduction, worunter die Erzeugung der thierischen Wärme voransteht, fällt auf die Rechnung der nicht stickstoffhaltigen Bestandtheile der Zelle, die in sofern das Eiweiss ersetzen können. Die Zelle, welche einen Vorrath zersetzbarer stickstofffreier Stoffe in sich enthält, wird einen kleineren Theil von Albuminaten verbrauchen als diejenige, welche primär nur Albuminate in ihrer Zusammensetzung hätte, und die stickstofffreien Stoffe

die es bedarf, sich aus den Albuminaten bilden müsste. Dabei liegt es nach dem Gesagten auf der Hand, dass zur Hervorbringung von einer gleichen Quantität Wärme mehr Eiweiss als Fett verbraucht werden muss, sodass also auch quantitativ weniger Stoff verbraucht wird, wenn die thierische Wärmebildung nicht auf Kosten des Eiweisses sondern auf Kosten der Fette stattfindet.

Die Aufgabe der Fette und Kohlehydrate in dem Haushalte der thierischen Zelle ist die gleiche. Es ist aber schon aus dem geringeren Sauerstoffgehalt der Fette ersichtlich, dass sie für die Lebensthätigkeit des Thieres von grösserer Bedeutung sind als die Kohlehydrate. Eiweissstoffe und Fette werden abgesehen von den nothwendigen anorganischen Stoffen die besten Nahrungsstoffe für die Erhaltung des thierischen Lebens sein. Der Fleischfresser erhält mit dem sehr fettreichen Fleische der Pflanzenfresser eine genügend grosse Fettmenge, um seinen Bedarf an diesem nothwendigen Nahrungsbestandtheile zu decken. Auch der Pflanzenfresser nimmt in seiner Nahrung, wie wir gesehen haben, Fette auf. Es ist jedoch durch Liebig bewiesen worden, dass diese in der Pflanzennahrung eingeführte Fettmenge nicht ausreicht, um die Fettbildung ganz zu erklären, welche bei den Pflanzenfressern, besonders den Milch producirenden, eine enorme ist. Es ist gewiss, dass bei der Fettbildung im thierischen Organismus, die wir infolge dieser Beobachtung annehmen müssen, die von den Pflanzenfressern in ihrer Nahrung so massenhaft aufgenommenen Kohlehydrate hauptsächlich verwendet werden. Liebig nimmt an, dass direct aus den Kohlehydraten Fette entstehen können in dem Thierkörper, ein Vorgang, der an die Lebensvorgänge in den Pflanzen erinnern würde. Liebig betrachtet die Fettbildung aus den Kohlehydraten als das Product zweier Processe, welche gleichzeitig neben einander hergehen. Der eine ist eine unvollkommene Oxydation, durch welche eine gewisse Menge Wasserstoff, der andere ein Spaltungs- oder Gährungsprocess, durch welchen eine gewisse Menge von Sauerstoff in der Form von Kohlensäure sich von den Elementen des Zuckers oder eines anderen Kohlehydrates trennt.

Eine andere Ansicht, welche in neuester Zeit durch Hoppe, C. Voit etc. besonders vertreten wird, fasst die Betheiligung der Kohlehydrate bei der Fettbildung etwas anders auf. Nach dieser Ansicht würden die Kohlehydrate nicht selbst in Fett umgewandelt, sondern sie dienten dadurch, dass sie für die Hauptoxydationsvorgänge im thierischen Organismus genügendes Material abgäben, zu einer Ersparung des aus dem Albumin entstehenden Fettes. Es kann sich dieses Spaltungsproduct des Albumin's im Organismus anhäufen weil alle nothwendige Wärmeproduction auf Kosten der in der Nahrung eingeführten Kohlehydrate stattfindet. Man müsste zur Stütze dieser Annahme sich denken, dass der Sauerstoff, welcher in den thierischen Organismus aufgenommen wird, eine grössere Verwandtschaft zu den eingeführten Kohlehydraten als zu dem neuentstandenen Fett besässe. Beide eben vorgetragene Ansichten begegnen sich in dem Resultate, dass zur Fettbildung im thierischen Organismus die als Nahrung aufgenommenen Kohlehydrate verwendet werden, ob direct oder indirect müssen weitere Versuche entscheiden.

Das Schicksal der Fette und Kohlehydrate im Organismus ist eine schliessliche vollkommene Oxydation ihrer Elemente zu Kohlensäure und Wasser. In

den Kohlehydraten ist schon so viel Sauerstoff vorhanden, dass aller Wasserstoff sich damit zu Wasser verbinden kann, es bleibt also nur noch der Kohlenstoff zu oxydiren übrig. In den Fetten unterliegt bei ihrer schliesslichen gänzlichen Verbrennung auch der grösste Theil des Wasserstoffs noch der Oxydation.

Es wäre falsch anzunehmen, dass die betrachteten stickstofffreien Stoffe direct zu den letzten Oxydationsproducten, die wir eben genannt haben, verbrennen. Es finden sich bei dem Oxydationsprocesse, dessen schliessliches Resultat die Kohlensäure- und Wasserbildung ist, eben solche Zwischenstufen, wie wir sie bei der Oxydation des stickstoffhaltigen Paarling's der Eiweisssubstanzen gefunden haben. Es werden hiebei nahezu wieder die gleichen chemischen Stoffe gebildet, aus denen wir in der Pflanze die Kohlenhydrate und Fette haben entstehen sehen; dieselben organischen Säuren, die wir als Vorstufen einer weiteren Desoxydation der Kohlensäure und des Wassers in der Pflanzenzelle gefunden haben, sind in der Thierzelle die Zeugen einer regressiven Stoffmetamorphose. Je mehr Sauerstoff sie in ihrer Zusammensetzung enthalten, desto vollkommener haben sie in dem thierischen Lebensprocesse schon ausgedient, desto geringeren Werth haben sie noch für ihn. Danach ordnen sich die wichtigsten im thierischen Zellsaft vorkommenden stickstofffreien Bestandtheile in folgende Reihe:

Stearinsäure .	enthält	auf	1	Aeq.	O . . .	9	Aeq.	C
Oelsäure . . .	,,	,,	1	,,	O . . .	9	,,	C
Palmitinsäure.	,,	,,	1	,,	O . . .	8	,,	C
Capronsäure .	,,	,,	1	,,	O . . .	3	,,	C
Valeriansäure.	,,	,,	1	,,	O . . .	$2^1/_2$	,,	C
Buttersäure .	,,	,,	1	,,	O . . .	2	,,	C
Propionsäure .	,,	,,	1	,,	O . . .	$1^1/_2$	,,	C
Essigsäure . .	,,	,,	1	,,	O . . .	1	,,	C
Glycerin . . .	,,	,,	1	,,	O . . .	1	,,	C
Zucker	,,	,,	1	,,	O . . .	1	,,	C
Milchsäure . .	,,	,,	1	,,	O . . .	1	,,	C
Bernsteinsäure	,,	,,	1	,,	O . . .	1	,,	C
Ameisensäure	,,	,,	1	,,	O . . .	$^1/_2$	,,	C
Oxalsäure . .	,,	,,	1	,,	O . . .	$^1/_2$	,,	C

Wir sahen bei der Besprechung der Desoxydationsvorgänge in der Pflanzenzelle, dass die Oxalsäure als erstes Desoxydationsproduct der Kohlensäure angesehen werden könne; in der thierischen Zelle ist sie der Vorläufer des gänzlichen Aufgebens der organisch-chemischen Zusammensetzung früher hochcomplicirter Körper. Es leuchtet ein, dass alle genannten stickstofffreien Körperstoffe ebensogut Producte der regressiven Stoffmetamorphose des Eiweisses wie der Kohlehydrate und Fette sein können. Ihre Zusammensetzung erlaubt nach dem über die Constitution des Albumin's gesagten keinen Schluss auf ihre Abstammung.

Stellen wir die Formeln der Mehrzahl der im Thierkörper vorkommenden stickstoffhaltigen und stickstofffreien Verbindungen in der Art zusammen, dass wir die complexesten voranstellen und an diese stufenweise die einfacheren

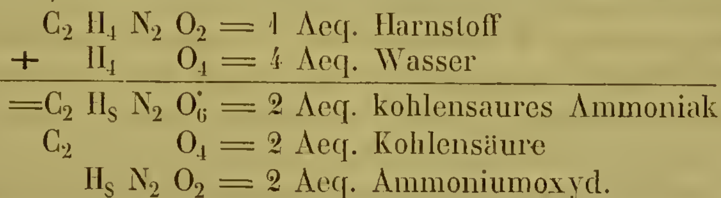
anreihen, so bekommen wir ein Bild über die im Thierorganismus vor sich gehenden Zersetzungen:

Albumin	$C_{216}\ H_{169}\ N_{27}\ S_3\ O_{68}$
Caseïn	$C_{288}\ H_{228}\ N_{36}\ S_2\ O_{90}$
Elastisches Gewebe	$C_{112}\ H_{88}\ N_{14}\ O_{32}$

I. Nhaltige Producte der regressiven Metamorphose:

Taurocholsäure .	C_{52}	H_{45}	N	S_2	O_{14}
Glycocholsäure .	C_{52}	H_{43}	N		O_{12}
Tyrosin	C_{18}	H_{11}	N		O_6
Hippursäure . . .	C_{18}	H_9	N		O_6
Leucin	C_{12}	H_{13}	N		O_4
Guanin	C_{10}	H_5	N_5		O_2
Sarkin	C_{10}	H_4	N_4		O_2
Xanthin	C_{10}	H_4	N_4		O_4
Harnsäure	C_{10}	H_4	N_4		O_6
Kreatin	C_8	H_9	N_3		O_4
Kreatinin	C_8	H_7	N_3		O_2
Allantoin	C_8	H_6	N_4		O_6
Sarkosin	C_6	H_7	N		O_4
Glycin	C_4	H_5	N		O_4
Harnstoff	C_2	H_4	N_2		O_2

Der Harnstoff zerfällt bei dem geringsten chemischen Anstoss in Kohlensäure und Ammoniak, indem er dabei die Elemente des Wassers aufnimmt



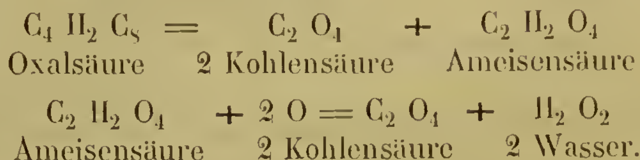
$C_2\ H_4\ N_2\ O_2 = 1$ Aeq. Harnstoff
$+\ H_4\ O_4 = 4$ Aeq. Wasser

$= C_2\ H_8\ N_2\ O_6 = 2$ Aeq. kohlensaures Ammoniak
$C_2\ O_4 = 2$ Aeq. Kohlensäure
$H_8\ N_2\ O_2 = 2$ Aeq. Ammoniumoxyd.

II. Nfreie Körperbestandtheile, grösstentheils Producte der regressiven Stoffmetamorphose:

Stearin	C_{114}	H_{110}	O_{12}
Palmitin . . .	C_{102}	H_{98}	O_{12}
Oleïn	C_{114}	H_{104}	O_{12}
Stearinsäure .	C_{36}	H_{36}	O_4
Oleïnsäure . .	C_{36}	H_{33}	O_4
Palmitinsäure .	C_{32}	H_{32}	O_4
Capronsäure .	C_{12}	H_{12}	O_4
Buttersäure . .	C_8	H_8	O_4
Essigsäure . .	C_4	H_4	O_4
Ameisensäure	C_2	H_2	O_4
Zucker	C_{12}	H_{12}	O_{12}
Bernsteinsäure	C_8	H_6	O_8
Milchsäure . .	C_6	H_6	O_6
Oxalsäure . .	C_4	H_2	O_8

Wie der Harnstoff sehr leicht in Kohlensäure und Ammoniak zerfällt, so die Oxalsäure in Kohlensäure und Ameisensäure, letztere aber zerfällt durch Oxydationsmittel in Kohlensäure und Wasser:



$$C_4 H_2 C_8 = C_2 O_4 + C_2 H_2 O_4$$

Oxalsäure — 2 Kohlensäure — Ameisensäure

$$C_2 H_2 O_4 + 2 O = C_2 O_4 + H_2 O_2$$

Ameisensäure — 2 Kohlensäure — 2 Wasser.

Die chemischen Vorgänge zeigen in jeder Zelle eigenthümliche Verschiedenheiten.

Die vorstehende Formelreihe macht im Allgemeinen den Uebergang hochcomplicirter chemischer Stoffe in immer weniger hochzusammengesetzte unter dem Einfluss der oxydirenden Einflüsse in dem thierischen Organismus anschaulich. Es wäre aber vollkommen unrichtig, wenn man glauben würde, dass die Formeln den Weg direct anzeigten, auf welchem die Eiweissatome u n t e r a l l e n U m s t ä n d e n nach und nach zersetzt werden.

Der Vorgang der Eiweissoxydation sowie der Oxydation und Zersetzung der organischen Stoffe überhaupt ist in jeder Zelle ein verschiedener. Schon die primären Veränderungen, welche das Eiweiss in dem Inhalte der verschiedenen Zellen erfährt, sind verschiedener Natur, wie die Bildung des Caseïn's, des Globulin's, des Myosin's etc. beweist, je nachdem sich das Eiweiss in einer Milchdrüsenzelle, in einem Blutkörperchen, in einer Muskelzelle befindet. Auch die Umwandlungen, welche die Albuminate erleiden bei ihrer Verwendung zur Bildung der Zellmembranen und der Zellenzwischenmaterien sind sehr verschiedener Art, je nachdem sie in der einen oder anderen Zelle vor sich gehen. Als Beweis hiefür dienen die chemischen Verschiedenheiten des leimgebenden Stoffes, des Knorpel- und Hornstoffes, des elastischen Stoffes, des Mucin's, die wir an getrennten Orten zu den angegebenen Zwecken benützt finden.

Aehnlich verschieden verhalten sich in den anatomisch verschiedenen Zellen die weiteren Zersetzungsvorgänge, welche zu den einfachen Oxydationsproducten führen, wie sie den thierischen Organismus endlich verlassen. Es wird niemals in e i n e r Zelle die ganze Reihe der Oxydationsproducte gebildet, wie wir sie oben aufgestellt haben; die Zwischenstufen, welche die schliessliche gänzliche Oxydation der organisch-thierischen Zellenstoffe erkennen lässt, sind in jeder anatomisch verschiedenen Zelle wieder andere.

Leider ist die zoochemische Analyse in ihren Resultaten noch zu wenig fortgeschritten, als dass man für alle Zellen und Zellenderivate schon den Zersetzungsmodus genau bezeichnen könnte, doch liefern jene wenigstens vorläufig den Beweis des aufgestellten Satzes von der Verschiedenheit in den Zellenvorgängen. Der Erfolg ist dabei jedoch überall der gleiche, stets werden schliesslich Kohlensäure, Wasser und Ammoniakverbindungen gebildet, nur der Weg, welcher zu diesem endlichen Ziele führt, ist ein verschiedener.

Um uns ein Bild von den chemischen Veränderungen der organischen Stoffe in den anatomisch verschiedenen Zellen zu machen, müssen wir die Bestandtheile der betreffenden Zellen nach ihrem Sauerstoffgehalt in ähnlicher Weise ordnen, wie wir sie in der oben gegebenen Tabelle zusammengestellt haben:

Danach würde in dem Muskelgewebe die Zersetzung in folgender Ordnung vor sich gehen:

löslisches Albumin
gerinnbare Eiweisssubstanzen (Myosin)
Syntonin
Elastin (Substanz des Sarkolemma's)

Inosinsäure . . .	Nhaltige Zersetzungsproducte
Sarkin	
Xanthin	
(Harnsäure?) . .	
Kreatin	
Kreatinin	
(Harnstoff?) . .	

Fette	Nfreie Zersetzungsproducte.
flüchtige Fettsäuren:	
Ameisensäure . . .	
Essigsäure	
Buttersäure	
Dextrin (?)	
Zucker	
Inosit	
Milchsäure	

Aehnlich gestaltet sich die Reihe der Zersetzungen in dem Nervengewebe; es findet sich in ihm Caseïn und es besitzt die gleichen Nhaltigen Zersetzungsstoffe wie die Muskelzellen, ausserdem noch das Protagon, einen hochzusammengesetzten, N und P, aber keinen S enthaltenden krystallisirbaren Körper und einen Nhaltigen basischen Körper das Neurin (O. Liebreich). Unter den Nfreien Stoffen finden sich ausser eigentlichen Fetten: Oleïn und Palmitin, noch wie es scheint eigenthümliche phosphorhaltige Fette: Oelphosphorsäure und Glycerinphosphorsäure. Dabei auch ein fettähnlicher Körper: das Cholesterin. Die übrigen Nfreien Stoffe sind vielleicht mit Ausnahme des Zuckers, der nicht nachgewiesen ist, die gleichen wie oben.

Ueber die chemischen Zersetzungen in dem Bindegewebe finden sich kaum Andeutungen in den bisherigen Forschungen auf diesem Gebiete.

Besser steht es in dieser Beziehung mit der Erforschung der Chemie der drüsigen Organe.

In der Leber ordnen sich die Zersetzungsproducte in folgende Reihe:

lösliches Albumin
Collagen oder leimgebender Stoff
Taurocholsäure } Gallensäuren
Glycocholsäure }
Tyrosin . . . .
Leucin . . . .
Sarkin . . . .
Xanthin . . . .
Harnsäure . . . .
Harnstoff . . . .
} N haltige Zersetzungsproducte

Stearin . . . .
Palmitin . . . .
Oleïn . . . .
flüchtige Fettsäuren . . . .
Cholesterin . . . .
Glycogen oder zuckerbildender Stoff
Traubenzucker . . . .
Inosit . . . .
Milchsäure . . . .
} N freie Zersetzungsproducte.

Unter den N haltigen Zersetzungsproducten der Milz fehlen die Gallensäuren, dagegen findet sich mit den bei der Galle angeführten besonders die Harnsäure; von eigentlichen Kohlehydraten kommt nur der Inosit und Milchsäure vor, in ihr neben den flüchtigen Fettsäuren findet sich auch die Bernsteinsäure.

In dem Pankreas findet sich neben Leucin, Tyrosin und Xanthin noch das Guanin, ein Stoff, der in den Vogelexcrementen in grösserer Menge vorkommt. Die N freien Zersetzungsstoffe sind die gleichen wie in der Milz.

In den Nieren ist Sarkin, Xanthin, Kreatin, Harnsäure und Harnstoff enthalten, von stickstofffreien Stoffen nur der Inosit.

In dem Lungengewebe hat man folgende Stoffe nachgewiesen:

Albumin, Leucin, Taurin, Tyrosin, Harnsäure, Harnstoff, Inosit, Oxalsäure.

Die Resultate der Gewebechemie liefern uns somit wenigstens Anhaltspuncte für eine Beurtheilung der chemischen Vorgänge in den verschiedenen Zellen. Wir sehen, dass jede thierische Zelle Zersetzungs- und Oxydations-Producte enthält, die zwar alle einen gemeinsamen Charakter nicht verkennen lassen, indem sie Reihen bilden, welche von hochzusammengesetzten Stoffen immer tiefer und tiefer bis zu den Endproducten der Oxydation herabsteigen, aber doch in jeder anatomisch verschiedenen Zellengruppe ihr specifisches, originelles Gepräge tragen.

Der Lebensvorgang in den einzelnen thierischen Zellen ist zwar dem Principe nach der gleiche, überall beruht er im Grunde auf Oxydationen oder Verbrennungen, in jeder Zelle jedoch werden diese Vorgänge modificirt nach den Functionen die in dem Haushalte des Thierorganismus von ihr gefordert werden. Die Oxydation in dem Muskelgewebe, das den mechanischen Kraftleistungen vorzustehen hat, ist und muss ein verschiedener Vorgang sein und

zu anderen Producten führen als die Oxydation in den Leberzellen oder den Zellen der Magen- und Darmdrüsen, welche die Natur zu bestimmten chemischen Umgestaltungen von Stoffen verwendet zum Zwecke, diese für den thierischen Organismus als Nahrungsflüssigkeit brauchbar zu machen.

Functionen der anorganischen Zellenstoffe.

Ehe wir die Betrachtung der chemischen Zellenvorgänge verlassen, haben wir noch einen Blick auf die anorganischen Stoffe des thierischen Organismus zu werfen.

Wir haben schon im Allgemeinen die Wichtigkeit dieser sogenannten Aschenbestandtheile des thierischen und pflanzlichen Körpers betont. In der Pflanze dienen sie wie z. B. die Kieselerde, welche das Skelet der Pflanzen bildet, theils dazu, den Pflanzenstengeln eine grössere Festigkeit zu ertheilen, und sind somit schon von diesem Gesichtspuncte aus von grosser Bedeutung für das Pflanzenleben; noch wichtiger sind aber jene, die man in einer bestimmten Beziehung zur Erzeugung der organischen Stoffe erkannt hat. So steht nach den besten Untersuchungen die Menge des in den Getreidesamen sich bildenden Eiweisses in einem geraden Verhältnisse zu den phosphorsauren Salzen, die der Pflanze als Nahrungsmittel zu Gebote stehen. Ein ähnliches Verhältniss scheint zwischen der Bildung der Pflanzensäuren und den Alkalien zu bestehen. Ohne Wasser ist die Entstehung und Erhaltung alles organischen Lebens vollkommen undenkbar.

In der thierischen Zelle finden wir die organischen Stoffe ebenso wie in der Pflanzenzelle mit jenen anorganischen Stoffen gemischt. Auch hier scheinen sie den beiden oben angedeuteten Zwecken zu dienen. Zur Verleihung einer grösseren Festigkeit für die Gewebe findet sich im thierischen Organismus weniger die Kieselerde, mehr die Verbindungen der Kalkerde mit Phosphorsäure und Kohlensäure verwendet. Die steinähnliche Festigkeit der Knochen und des verknöcherten Bindegewebes beruht auf einer Einlagerung in ihre Zwischenzellenmassen von phosphorsaurem und kohlensaurem Kalk ($3\, CaO.\, PO_5$).

Sicher sind die verschiedenen anorganischen Bestandtheile, welche sich im Zellinhalte gelöst befinden, die Hauptursache der Verschiedenheit der Oxydationsvorgänge in den verschiedenen Zellen. Das Vorwiegen der Phosphorsäure in dem Muskelgewebe wird Veranlassung der dort so leicht entstehenden saueren Reaction, das Vorwiegen der Alkalien in den Säften des Blutes, der Lymphe gibt diesen ihre Alkalinität. Es ist selbstverständlich, dass in saueren oder alkalischen Flüssigkeiten chemische Vorgänge sich wesentlich verschieden gestalten müssen, auch wenn in beiden die constituirenden Stoffe vollkommen die gleichen wären.

So wird uns schon durch diese Betrachtung der Werth der anorganischen Stoffe für die Zellenvorgänge verständlich, noch mehr werden wir in ihre Bedeutung in den Besprechungen des folgenden Capitels eingeführt werden, wenn wir die Diffusionserscheinungen z. B. der Hauptsache nach von den betreffenden chemischen Körpern abhängig finden.

Im Einzelnen freilich ist uns in Beziehung auf die Aschenbestandtheile noch das Meiste unklar. Wir stehen vor einem Räthsel, wenn wir sehen, dass die Vertheilung der anorganischen Stoffe, trotzdem dass scheinbar die Diffusionsvorgänge in allen Zellen die gleichen sind, nach den verschiedenen Zellengruppen eine Verschiedenheit erkennen lässt. Wir fragen umsonst nach dem Grunde, der in der Flüssigkeit des Blutes die Natronsalze, in den geformten Blutbestandtheilen oder im Muskel die Kalisalze vorwiegen lässt. Dass es für die Chemie der Zellen, in denen sie sich finden von höchster Wichtigkeit ist, ob sie Kali oder Natron, phosphorsaure oder kohlensaure Salze enthalten, steht fest und wird uns noch weiter klar werden; woher ihnen aber die Fähigkeit der Aneignung der für ihre Zusammensetzung nöthigen anorganischen Stoffe ertheilt wird, ist ein Problem, für das erst eine spätere Zeit der Forschung Aufklärung geben wird.

Drittes Capitel.

Die Physik der Zelle.

Das Gesetz der Erhaltung der Kraft.

Die Elementarstoffe, an welchen das animale Leben zur Erscheinung kommt, sind von den Stoffen der anorganischen Natur nicht verschieden; die gleichen Elementarbestandtheile bilden Luft und Boden und gehen in die Zusammensetzung der lebenden Organismen ein.

In unseren vorausgehenden Betrachtungen lernten wir den Kreislauf der Materie kennen, in welchem aus den anorganischen Stoffen Stoffe organischer Art gebildet und diese wieder zurück verwandelt werden in chemische Verbindungen, die den Charakter des anorganischen an sich tragen.

Dadurch dass chemische Elementarstoffe in chemische Verbindungen irgend welcher Art eintreten, verlieren sie Nichts an ihren Eigenschaften. Es wird durch die chemischen Verbindungen der Elemente unter einander, wodurch Stoffe mit ganz neuen Eigenthümlichkeiten entstehen, an ihnen Nichts geändert. Durch die chemische Verbindung geht keine der Eigenschaften der vereinigten Stoffe absolut verloren. Man kann aus allen, auch aus den am complicirtesten zusammengesetzten chemischen Körpern die constituirenden einfachen Stoffe vollkommen nach Form, Gewicht und Kräften wieder erhalten, wie sie zur Bildung des betreffenden Körpers zusammengetreten sind.

Auch dann, wenn ein chemischer Stoff Bestandtheil eines lebenden Organismus geworden ist, verliert er Nichts an seinen ihm in anorganischem Zustande zugehörenden Eigenschaften.

Wir finden in den chemischen Vorgängen im Organismus das gleiche Spiel der chemischen Affinitäten und wechselseitigen Anziehung und Abstossung wie es sich in den anorganisch-chemischen Vorgängen zeigt. Die Salzbildung aus Säuren und basischen Körpern findet sich in den Flüssigkeiten der Zellen ebenso wie ausserhalb derselben; keines der Elemente verliert seine Fähigkeit, sich mit Sauerstoff zu vereinigen; die Vereinigungsproducte der Elemente mit Sauerstoff sind schliesslich die gleichen, welche sich auch in der anorganischen Natur als Verbrennungsproducte der gleichen Elementarstoffe bilden. Der Kohlenstoff verbrennt im Organismus ebenso zu Kohlensäure, wie ausserhalb desselben; der Wasserstoff bildet in beiden Fällen bei seiner Verbin-

dung mit Sauerstoff Wasser. Der Lebensprocess selbst ist der beste Scheidekünstler, welcher aus den organischen Stoffen die Elemente wieder zu gewinnen versteht, zum Beweise des Satzes, dass Nirgends in der Natur Etwas, auch nur ein Atom von den vorhandenen Elementarstoffen verschwindet oder neu gebildet wird. Die Materie trägt für den Naturforscher den Charakter der unvergänglichen Beständigkeit. Ueberall wo das Auge des Menschen ein Neuentstehen von Stoff, ein Vergehen desselben zu erblicken meint, lehrt uns die Naturwissenschaft nur einen Wechsel der Form, Wechsel der chemischen Mischung der Materie kennen. Sie zeigt uns, wie aus luftförmigen, unsichtbaren Stoffen sich feste sichtbare und greifbare Körper zusammensetzen können, die nach kürzerer oder längerer Zeit des Bestehens wieder zu vergehen scheinen, indem ihre Bestandtheile wieder die chemischen und physikalischen Charaktere der Luft annehmen, die sie vor der Bildung des festen Körpers besessen hatten.

Das eben vorgetragene naturwissenschaftliche Grundgesetz wird das Gesetz von der Erhaltung des Stoffes genannt. Mit seiner Erkenntniss wurde die Chemie eine Wissenschaft.

Wie die Chemie eine Erhaltung des Stoffes lehrt, so basirt die neuere Physik auf dem analogen Gesetz von der Erhaltung der Kraft.

Auch von den physikalischen Kräften, welche wir in der Natur thätig sehen: von der Wärme, Elektricität, mechanischen Bewegung geht Nichts verloren. Ueberall wo wir scheinbar eine Kraft verschwinden sehen, verwandelt sie sich in Wahrheit nur in eine neue Kräfteform. Wir sehen so Wärme in Elektricität, Elektricität in mechanische Bewegung, mechanische Bewegung in Wärme übergehen. Wir sind im Stande die genannten Kräfte willkürlich die eine in die andere zu verwandeln. So beständig wie die Materie selbst, sind auch die an ihr wirksamen Kräfte. Wie nirgends ein Elementarstoff entsteht oder vergeht, eben so wenig entsteht jemals eine Kraft aus Nichts oder geht in das Nichts zurück. Alle Kräfte, denen wir in der Natur begegnen, sind nur Umwandlungsproducte der einen grossen, mechanischen Kraft, welche das ganze Weltall in Bewegung erhält.

Die Bewegungserscheinungen, welche wir von den animalen Organismen ausgehen sehen, die ganze Kräfteentwickelung derselben scheint principiell von den Kräfteentwickelungen der anorganischen Welt verschieden zu sein.

Wo fänden sich passende Analogien in der anorganischen Natur mit den Bewegungsvorgängen in der Nervenflüssigkeit? Das seelenvolle Spiel der Gesichtsmuskeln scheint Nichts mit der Mechanik unserer Instrumente gemeinsam zu haben.

Es war der grösste Fortschritt der Physiologie, als sie trotz des gegentheiligen Anscheines, für welchen noch das menschliche Selbstgefühl Partei nehmen zu müssen schien, erkannte, dass auch die Kräfte des thierischen und menschlichen Organismus von dem Gesetze der Erhaltung der Kraft keine Ausnahme machen. Wenn es der Forschung auch in manchen Einzelheiten noch nicht mit voller Sicherheit gelungen ist, den Modus der Kräfteübertragung in den kraftproducirenden Organen zu erkennen, so steht doch als unumstössliche Thatsache für alle Zeiten fest, dass die mechanischen Kraftleistungen der Thiere und Menschen unter Umständen zu Stande kommen, unter denen solche auch

in der anorganischen Natur auftreten. Die thierische Wärme, die mechanische Bewegung, die Elektricitätsentwickelung, die Ortsbewegungen der Flüssigkeiten und Gase, alle physikalischen Erscheinungen, die uns bisher im Organismus des Menschen und der Thiere bekannt geworden sind, gehen in ihnen vollkommen in derselben Weise vor sich, stammen absolut aus den gleichen Quellen, wie wir es bei ihrem Auftreten und ihren Wirkungen an anorganischen Körpern wahrnehmen können. Die physikalischen Kräfte, welche in der anorganischen Welt wirksam sind, wirken in vollkommen gleicher Weise auch an den in organische Verbindung eingegangenen Stoffen.

Wir werden in folgenden Besprechungen Gelegenheit finden, die Wirkungen der Schwerkraft auf den Organismus und in ihm eingehend zu betrachten. Es wird sich zeigen, dass die Gesetze der Bewegung des Pendels, des Hebels ebenso wie in der Mechanik auch hier ihr Recht behaupten. Wir werden die thierischen Functionen abhängig finden vom Luftdrucke, von dem Drucke der einzelnen die Atmosphäre constituirenden Gasarten. Der Austausch der Flüssigkeiten, der Uebergang von Lösungen aus einer Zelle in die andere geht im Allgemeinen ganz in gleicher Weise vor sich, wie sich ausserhalb der Zelle die Stoffe mischen.

Der grösste Antheil der vom thierischen Organismus selbst producirten Kräfte zeigt sich als Wärme, Elektricität und mechanische Bewegung. Sie stammen aus einer Kräftequelle, welche auch von der praktischen Mechanik zur Kräfteerzeugung im ausgedehntesten Maasse benützt wird: aus der Verbrennung, der Oxydation. Die genannten Kräfteformen werden frei dadurch, dass sich die Körperbestandtheile mit Sauerstoff verbinden.

Zu der Constitution der freien Elementarstoffe gehört neben den anderen Eigenschaften, die sie charakterisiren, auch eine bestimmte Summe von »Spannkräften«. Eben so wie ein Elementarstoff nicht gedacht werden kann, ohne die Kräfte der Cohäsion, der chemischen Verwandtschaft, ohne dass er der Schwere unterliegt, ebensowenig kann er gedacht werden ohne jene Spannkräfte, die wie seine übrigen Eigenschaften zu seinem innersten Wesen gehören. Die chemischen Verbindungen der Elementarstoffe untereinander lassen im Ganzen stets eine geringere Menge von Spannkräften an sich erkennen, als die einfachen Elemente selbst; die höchsten Sauerstoffverbindungen besitzen keine durch Oxydation verwendbar werdenden Spannkräfte mehr. Es ist daraus klar, dass bei der Verbindung der Elemente unter einander, besonders bei der Verbindung mit Sauerstoff zu Oxydationsproducten, aber auch dann, wenn sich Oxydationsproducte — Säuren und Basen — mit einander verbunden haben, die Elemente ihrer Spannkräfte zum Theil oder gänzlich verlustig gegangen sind. Nach dem Principe der Erhaltung der Kraft kann dieses Verlorengehen kein absolutes sein, und wirklich sind wir im Stande, die von den Elementarstoffen bei ihrer Vereinigung freigewordenen Kräfte als sogenannte »lebendige Kräfte« als Bewegungen der Materie wieder aufzufinden: als Wärme, Licht, Elektricität, mechanische Bewegung: Arbeit.

Als einfachstes Beispiel kann die Verbrennung der Kohle dienen. Die getrennt existirenden Kohlenstoff- und Sauerstoffatome repräsentiren eine gewisse Summe von Spannkräften. So wie die Hindernisse ihrer Vereinigung weggeräumt sind, so wie die Kohle auf die Verbrennungstemperatur erhitzt

und der Sauerstoff ihrer Umgebung dadurch in Ozon oder activen Sauerstoff übergeführt ist, tritt als erste Bewegungserscheinung die Bewegung der Molecüle gegen einander ein, sie verbinden sich zu Kohlensäure, welche keine durch Oxydation verwendbar werdende Spannkräfte mehr besitzt, die Spannkräfte der verbundenen Molecüle werden als Wärme frei. Leicht sind wir im Stande, die freigewordene Wärmequantität in unseren Dampfmaschinen z. B. in mechanische Arbeit überzuführen. Stets werden bei den chemischen Verbindungen die Spannkräfte in Wärme ihrer Hauptsumme nach verwandelt; doch geht ein Theil dabei immer auch in Elektricität über; kein chemischer Vorgang scheint ganz ohne Elektricitäts-Entwickelung möglich zu sein. Am bekanntesten ist die Entwickelung elektrischer oder galvanischer Wirkungen durch chemische Actionen in den sogenannten galvanischen Elementen, bei denen die Hervorbringung von Elektricität auf den chemischen Wirkungen zwischen Metallen und Säuren oder anderen chemischen Flüssigkeiten beruht. Auch Lichterscheinungen gehören sehr häufig zu den durch Oxydation entstehenden Kräfteformen.

Der Name »Spannkräfte« für die in den Elementarmolecülen enthaltene, zur mechanischen Arbeit verwendbare Kräftesumme ist äusserst glücklich gewählt. Die Kraft einer gespannten elastischen Feder, einer Uhrfeder z. B. ist das beste Beispiel, um die Aufspeicherung eines gewissen Kraftquantums in den freien Elementen und ihren Verbindungen anschaulich zu machen.

Die Uhrfeder wird durch die Hand des Menschen mit Aufwand eines gewissen Kraftquantums gespannt, aufgezogen. Die aufgewandte Kraft, welche zum Aufziehen der Feder erforderlich war, ist damit in der Feder aufgespeichert. So lange das Uhrwerk nach dem Aufziehen nicht in Gang gesetzt ist, bleibt die in der Feder aufgespeicherte Kraft schlummernd, latent. Doch genügt ein kleiner Anstoss um die Spannkraft der Feder auszulösen. Sie verwendet nun die ihr übertragene Kräftemenge nach den Einrichtungen des Mechanismus, der sie in Bewegung setzt; sie leistet Arbeit, und zwar der Quantität nach unter den günstigst gedachten Umständen nicht mehr und nicht weniger als die aufgewendete Arbeit betrug, die bei der Spannung der Feder in sie gelegt wurde.

Die Spannkräfte werden stets in einer der angegebenen analogen Weise in ihre Träger gleichsam hineingearbeitet. Um einem Gewichte, einem Hammer Spannkräfte zu ertheilen, können wir ihn auf eine bestimmte Höhe emporheben mit Aufwendung einer bestimmten Summe von Kraft, diese Kraft, welche wir bei dem Heben aufwendeten, — es kann das Heben durch Muskelkraft oder durch das Gewicht fallenden Wassers, wie bei den Wassermühlen, Eisenhämmern, und diesen ähnlich eingerichteten Maschinen, durch Wärme oder Dampfspannung, durch elektrische Anziehung geschehen — wird in den Hammer als Spannkraft hineingelegt. Der Hammer kann auf der höchsten Höhe, auf welche er gehoben wurde, durch eine einfache Vorrichtung festgehalten werden. Die ihm inwohnenden Spannkräfte bleiben dann so lange unwirksam oder latent, bis diese »Hemmung« weggeräumt ist; erst dann fällt der Hammer und ist im Stande ebensoviel Arbeit durch sein Herabfallen wieder zu leisten, als Arbeit zu seiner Hebung erforderlich war. Denken wir uns den Amboss, auf welchen der Hammer herabfällt, als eine ausgezeichnete elastische Feder, so wird diese durch den herabfallenden Hammer gespannt werden, der Hammer ertheilt ihr

alle vorhin ihm inhärirenden Spannkräfte, die Feder wird dadurch in den Stand gesetzt sein, den Hammer wieder auf die gleiche Höhe zurückzuschnellen, von der er herabgefallen war.

Die Ernährungsgesetze beruhen auf dem Gesetz der Erhaltung der Kraft.

Auf den ersten Blick könnte es erscheinen, als führte das Princip der Erhaltung der Kraft zu der Idee eines Perpetuum mobile. Wenn die Kräfte nicht verschwinden, wenn nur eine Kraftform in die andere übergeführt wird, so scheint daraus mit Nothwendigkeit die Möglichkeit hervorzugehen, dass ein einmaliger Anstoss, wenn nur eine richtige Art der Uebertragung gefunden wäre, ununterbrochen fort Bewegung und Arbeit müsste leisten können.

Die alltägliche Erfahrung schon widerspricht diesem Gedanken, und der Wissenschaft ist es gelungen, den Grund der Unmöglichkeit eines Perpetuum mobile in sehr einfacher Weise aufzufinden. Die Uebertragung der einen Kräfteform in die andere gelingt niemals in der Art, dass wirklich die ganze Kraftsumme in eine andere Kräfteform übergeführt wird, so dass z. B. alle Kraft, welche zuerst als Wärme vorhanden war, nach der Uebertragung als Arbeit verwendbar würde. Unsere besten Dampfmaschinen liefern nur einen kleinen Bruchtheil — $^1/_{22}$ — der aufgewendeten Wärme als Arbeit. Auch bei den besten derartigen Maschinen wird ein beträchtlicher Theil der Wärme zur Temperaturerhöhung der Umgebung und der Maschinentheile verwendet, bleibt also in der anfänglichen Kräfteform, ohne in eine andere überzugehen. Ein anderer grosser Theil geht in der inneren Reibung der Maschinentheile an einander verloren, deren Bewegung selbst schon einen bestimmten Kraftaufwand erfordert, der für die nach aussen zu übertragende Kraftsumme selbstverständlich verloren geht. Es ist bekannt, dass diese innere Reibung die Quantität Kraft, welche sie erforderte, in die Wärmeform wieder zurückverwandelt, an einander reibende Körper erwärmen sich.

Die Kräfteüberführung von einer Form in die andere ist also stets nur eine mangelhafte, insofern dieses Ueberführen nur zum Theil gelingt, zum Theil noch andere Kräfteformen als die gewünschte nebenher entstehen. Trotz der Gültigkeit des Gesetzes der Erhaltung der Kraft, welche lehrt, dass auch nicht das kleinste Theilchen der vorhandenen Kräfte jemals verschwindet, bleibt doch die Idee eines Perpetuum mobile vollkommen unausführbar.

Es giebt ein sehr sinnreiches Experiment: die Welt im Glase, welche auf den ersten Blick das organische Leben in Pflanze und Thier als ein eigentliches Perpetuum mobile erscheinen lässt.

Das Experiment ist gegründet auf die Erfahrung über den Kreislauf des Stoffes aus der anorganischen in die organische Natur und aus dieser wieder in die anorganische zurück. Die Pflanze nimmt die anorganischen Sauerstoffverbindungen in sich auf und ertheilt ihnen durch ihren Lebensprocess die Spannkräfte zurück, indem sie die Elemente von dem Sauerstoff trennt, welche diesen im freien Zustande angehören, sie ertheilt ihnen die Eigenschaft der Verbrennlichkeit. Das Thier nimmt die von der Pflanze mit Spannkräften versehenen Stoffe in sich auf, verbindet sie wieder mit Sauerstoff und benützt die

dadurch verwendbar gewordenen Spannkräfte zu seinen mechanischen Leistungen. Die der Umgebung zurückgegebenen Elemente können wieder Bestandtheile der Pflanze und dabei mit Spannkräften versehen werden. So scheint der Kreislauf des organischen Stoffes die Lösung jenes Problemes in Wahrheit zu enthalten.

Man brachte zum Beweise dieser Verhältnisse kleine Wasserthiere und Wasserpflanzen in ein luftdicht zum Theile mit Wasser, welches die anorganischen Bestandtheile der Pflanzen und Thiere gelöst enthielt, gefülltes Glasgefäss. Das Leben geht hierbei seinen ungestörten Gang, die Thiere nähren sich von den Pflanzen, die aus den Ausscheidungsproducten der Thiere ihre verloren gegangenen Organe wieder ersetzen.

Doch nur unter einer Bedingung geht dieses Spiel des Lebens ungestört. Die Welt im Glase gedeiht nur dann, wenn sie sich unter Verhältnissen befindet, in welchen das Licht und die Wärme der Sonne auf sie einwirken können; im Finstern sterben sowohl Pflanzen als Thiere in dem verschlossenen Glase sehr rasch ab.

Es ist klar, dass danach die geheimnissvolle »Lebenskraft«, welche in der Pflanzenzelle den Elementarstoffen die ihnen bei ihrer Oxydation verloren gegangenen Spannkräfte wieder ertheilt, nicht Etwas im letzten Grunde der Pflanze selbst Zugehöriges sein könne. Man dachte sich sonst das Leben selbst als eine Kraft, welche analog den Kräften der Mechanik in Arbeit, in lebendige Kraft umgesetzt werden könnte; einen Theil der Lebenskraft dachte man von der Pflanze als Kräfte in ihre verbrennlichen Producte hineingelegt. Diese Anschauung ist durch das genannte Experiment widerlegt. An sich ist die Pflanze nicht vermögend, den Elementen Spannkräfte zu ertheilen; sie vermag es nur unter der Mitwirkung des Sonnenlichtes und der Sonnenwärme. Diese genannten Kräfte sind es, welche die Pflanze zur Desoxydation der Sauerstoffverbindungen benutzt und gleichsam in sich aufspeichert. Die Pflanze ist im Stande, die Sonnenwärme in feste Form überzuführen, indem sie dieselbe in Spannkräfte des Kohlenstoffs und Wasserstoffs verwandelt; es sind condensirte Sonnenstrahlen, mit denen wir im Winter unsere Oefen und Zimmer erwärmen, mit denen wir durch unsere Dampfmaschinen Lasten bewegen, mit denen der menschliche und thierische Organismus die activen Bewegungen hervorbringt, durch welche sich das Thier von der Pflanze unterscheidet.

Es ist schon erwähnt, dass im Dunkeln die Pflanzen keine Kohlensäure zu zerlegen im Stande sind, sie athmen dann eben so wie das Thier Sauerstoff ein und Kohlensäure aus. Sie unterliegen dann wie alle feuchten organischen, kohlehaltigen Stoffe den langsamen Verbrennungs-Einflüssen der Luft, es bildet sich aus der Kohle der Pflanze Kohlensäure. Die Beobachtung, dass auch unter der Einwirkung des Sonnenlichtes nur die grünen Pflanzentheile die Sauerstoffverbindungen zerlegen und Sauerstoff ausathmen, während die übrigen nicht grünen Theile stets Kohlensäure aushauchen, macht verständlich, warum die Pflanzen, besonders die Blüthen, ähnlich wie die Thiere eine etwas höhere Temperatur besitzen als die umgebende Atmosphäre; es kann diese nur auf gleichzeitig neben den Desoxydationen in ihnen vor sich gehenden Oxydationen beruhen. Auf demselben Grunde beruhen die Bewegungs- und Elektricitäts-Entwickelungen in den Pflanzen, die freilich wie die Wärmeproduction weit

hinter den analogen Erscheinungen im Thierreiche zurückstehen. Die Desoxydationen behalten in der Pflanze stets die Oberhand und es scheint, dass die durch die gleichzeitigen Oxydationen freiwerdenden Spannkräfte von der Pflanze wie die Sonnenstrahlen selbst von denen jene stammen, zu Stoffzersetzungen, Spaltungen etc. also zur eigentlichen Pflanzenthätigkeit verwendet werden können, so dass es daraus noch mehr verständlich wird, wie die Desoxydationsvorgänge die Oxydation in so ausgedehntem Maasse überwiegen können, wie dieses in der That der Fall ist.

Die pyrheliometrischen Messungen von Althans und Pouillet geben einige Anhaltspuncte, zur Orientirung über die Grösse der Kraftmenge, welche fortwährend der Sonne entströmt, und von den Pflanzen wenigstens theilweise in Spannkräfte des Kohlenstoffs und Wasserstoffs verwandelt wird.

Nach den Messungen der genannten Forscher werden bei einer Fläche, welche von der Sonne senkrecht beschienen wird, jedem Quadratfuss in jeder Minute 3,4 Wärmeeinheiten mitgetheilt. Eine Wärmeeinheit ist jene Wärmequantität, welche erforderlich ist, um 1 Gramm Wasser von 0° auf 1° C. zu erwärmen. Die Wärme, welche täglich von der Sonne gelangt, könnte nach ihrer Rechnung 10 Billionen Kubikmeter Wasser von 0° in Dampf von 100° verwandeln, giebt also den Heizeffect von 5 Billionen Centner Steinkohlen.

Rechnet man für eine Pferdekraft in der Stunde 7 Pfund Steinkohlen und berücksichtigt man, dass unsere Dampfmaschinen nur $1/_{22}$ des absoluten mechanischen Effectes der Wärme geben, so ergiebt sich nach den genannten Autoren der Gesammteffect der Sonnenwärme in der Stunde zu 66 Billionen Pferdekräften.

Diese Zahlen geben wenigstens einen annähernden Begriff, welches enorme Kraftquantum täglich von der Sonne als Wärme ausgeht. Man begreift wie schon die Aufspeicherung eines Theiles dieser Kraftmasse in den Pflanzen hinreicht, um jene grosse Summe mechanischer Effecte mit ihrer Hülfe hervorzubringen, welche das Thierreich und unsere Mechanik von jenen fordert.

Ueber die Kraftsumme, welche in Form von Aetherschwingungen als Licht von der Sonne zur Erde kommen, sind derartige Berechnungen noch nicht gestattet, doch muss auch sie, wie schon allein ihre Verwendung in der Photographie, die auf chemischer Zersetzung beruht, lehrt, eine enorme sein.

Es wird uns aus den bisherigen Betrachtungen klar, was die als Nahrung in den thierischen Organismus aufgenommenen Stoffe für eine Bedeutung für diesen haben.

Auf der einen Seite werden die aufgenommenen Stoffe zur Formbildung des Organismus verwendet, andererseits werden die mit ihnen eingeführten Spannkräfte in Leistungen mechanischer Art umgesetzt.

Abgesehen von dem Antheil an der Structur der Zelle, den wir die Nährstoffe nehmen sehen, wird ihr Werth für den Organismus sich berechnen lassen nach der Summe der Spannkräfte, welche mit ihnen eingeführt wird. Es wird von diesem Gesichtspuncte aus sogleich verständlich, warum die Einführung aller sauerstoffreichen chemischen Verbindungen organischer Natur, weniger Werth für das Thier besitzt, als solcher, in denen verhältnissmässig weniger Sauerstoff enthalten ist. Die einen haben durch ihre Vereinigung mit Sauerstoff schon den grössten Theil ihrer Spannkräfte verloren, die anderen

sind noch im Vollbesitze derselben; die Leistungen für die Ernährung, welche von dem einen oder anderen Stoffe im Organismus hervorgebracht werden können, stehen im Allgemeinen im umgekehrten Verhältnisse zu ihrem procentischen Gehalt an Sauerstoff. Es ist danach einleuchtend, warum die Kohlehydrate, welche auf je ein Atom Wasserstoff ein Atom Sauerstoff enthalten, bei denen also nur noch der Kohlenstoff zu oxydiren bleibt, weniger Werth für den Organismus haben, als die Fette, bei denen nicht nur der Kohlenstoff sondern auch noch ein grosser Theil des Wasserstoffes seine Spannkräfte besitzt und diese durch Oxydation frei werden lassen kann. Noch weniger Werth für die organischen Leistungen wird den organischen Säuren zuzuschreiben sein, bei denen der in ihrer Zusammensetzung enthaltene Sauerstoff nicht nur mit allem Wasserstoff sondern auch noch mit einem Theile des Kohlenstoffs verbunden ist, so dass nur ein Bruchtheil des Kohlenstoffs zu oxydiren bleibt. Aehnlich ist es bei den organischen N haltigen Basen, die auf der einen Seite ihrer Krystallisirbarkeit wegen sich nicht zu Gewebsbildnern eignen, andererseits nur sehr wenig verwendbare Spannkräfte in sich enthalten. So verstehen wir denn schon an dieser Stelle, warum die Physiologie der Fleischbrühe, in welche keine Eiweissstoffe übergehen, deren organische Substanzen zum grossen Theil nur basische oder sauere Oxydationsproducte des Muskels sind, so wenig Werth als eigentliches Nahrungsmittel beilegt. Eben so dem Extracte des Thee's und Kaffee's, die als Hauptbestandtheile ähnliche N haltige organische Basen enthalten, wie man sie in der Fleischbrühe findet. Dass diese Stoffe trotzdem einen eigenthümlichen Werth für den thierischen Organismus besitzen, liegt darin, dass noch anderen organischen Bedingungen, als die zu einem guten Nahrungsmittel erforderlich sind, genügt werden muss, um das Leben ungestört zu erhalten.

Die Summe der Spannkräfte ist äusserst verschieden in den verschiedenen als Nahrungsstoffe eingeführten chemischen Verbindungen. Um uns ein genaues Bild der Leistungen jedes einzelnen im thierischen Haushalte zu machen, müssen wir vorerst die Summe der ihnen inhärirenden Spannkräfte bestimmt haben; wir müssen die Wärmemenge kennen, welche bei der Verbrennung einer bestimmten Quantität dieser Stoffe frei und verwendbar wird.

Leider ist für nur sehr wenige zusammengesetzte, organische Stoffe diese Wärmeentwickelung bei ihrer vollkommenen Verbrennung direct bestimmt. Für die grösste Anzahl der als Nahrungsbestandtheile aufgenommenen oder im Körper durch Oxydation erzeugten Stoffe fehlen solche Bestimmungen noch vollkommen.

Nach den Versuchen von Fabre und Silbermann liefert bei seiner Verbrennung

1 Gramm Kohlenstoff: 8086 Wärmeeinheiten,
1 Gramm Wasserstoff: 34462 „

Man machte früher die Voraussetzung, dass in den organischen Sauerstoff enthaltenden Verbindungen dieser schon vorhandene Sauerstoff mit dem Wasserstoff wirklich zu Wasser verbunden sei, so dass durch die Vereinigung dieser beiden Elementarstoffe keine Spannkräfte mehr frei würden, und versuchte auf dieser Grundlage, die bei der Oxydation frei werdende Wärme zu berechnen. Diese Berechnungen gaben jedoch nicht einmal zur Vergleichung brauchbare Zahlen.

Einige wichtige Sätze zur Beurtheilung der allgemeinen Verhältnisse der Wärmeerzeugung durch Verbrennung organischer Stoffe ergeben sich aus den von Fabre und Silbermann gewonnenen Zahlen, so dass es zweckmässig scheint, wenigstens einige davon anzuführen.

Ein Gramm entbindet bei seiner Verbrennung:

(gewöhnlicher) Alkohol . . .	7183 Wärmeeinheiten,
Ameisensäure	2091 ,,
Essigsäure	3505,2 ,,
Buttersäure	5647 ,,
Valeriansäure	6439 ,,
Ethalsäure	9316 ,,
Stearinsäure	9716,5 ,,
Wachs	10490 ,,
Terpentinöl	10852 ,,
Citronöl	10959 ,,

Wir erkennen, dass mit dem abnehmenden Sauerstoffgehalt der organischen Säuren die bei ihrer Verbrennung entstehende Wärmemenge abnimmt. Wir sehen, dass die Oele weit mehr Wärme bei ihrer Verbrennung liefern als die Säuren, die eigentlichen Fettsäuren nähern sich ihnen in dieser Beziehung. Wir können daraus schliessen, dass je weniger Sauerstoff in der organischen Verbindung überhaupt sich findet, um so höher die frei werdende Wärmemenge steigt; die Fette müssen danach eine höhere Wärmeentwicklung zeigen als die Kohlehydrate und die Eiweissstoffe.

Diese Bemerkung giebt uns Fingerzeige für die Verwendbarkeit dieser Hauptnährstoffe für den thierischen Haushalt.

Suchen wir, wieviel von einem Stoffe nöthig ist, um eine gegebene Menge Sauerstoff zu verbrauchen, so finden wir in Ermangelung directer Bestimmungen der Spannkräfte damit wenigstens annäherungsweise, wieviel der Organismus von diesen Stoffen aufnehmen muss, um bei dem gleichen Stoffverbrauch gleiche Zeiten hindurch durch ihre Verbrennung auf einerlei Temperatur erhalten zu werden (Liebig):

100 Fett,
240 Stärkmehl,
249 Rohrzucker,
263 Trauben-, Milchzucker,
266 Branntwein von 50% Alkoholgehalt,
770 frisches, fettloses Muskelfleisch.

Wo es sich nicht um Gewebsbildung sondern um Kräfteerzeugung (Wärmebildung) im Organismus handelt, wird ein weit geringeres Gewicht Fett die gleiche Wirkung wie ein grösseres von Zucker oder fettfreiem Eiweiss hervorbringen.

Die Leistungen des thierischen Organismus beruhen auf Oxydationen.

So haben wir für alle mechanischen Leistungen des thierischen Organismus eine ausreichende Kräftequelle aufgefunden; wo wir mechanischen Leistungen

im Thiere begegnen, werden wir zuerst zu fragen haben, ob sie nicht dieser Ursache: der Oxydation entstammen.

Die Art und Weise, in welcher die aus der Oxydation frei gewordenen Spannkräfte verwendet werden; in welche Form lebendiger Kraft sie sich verwandeln, hängt ganz von dem Organe ab, in welchem die Kräfte liefernden Oxydationsprocesse vor sich gehen. Gerade so wie die aus der Verbrennung der Kohle stammenden Spannkräfte in unseren zu verschiedenen Zwecken construirten Maschinen je nach den Bedingungen, unter denen die Verbrennung erfolgt, verschiedene Leistungen hervorbringen, verschiedene Kräfteformen annehmen, gerade so sind analoge Verhältnisse in dem Organismus für die Art der Verwendung der Spannkräfte bedingend. In unseren Oefen entsteht aus der Verbrennung der Kohle nur Wärme; durch ein Thermo-Element können die Spannkräfte der verbrennenden Kohle in Elektricität und Magnetismus übergeführt werden; in den Dampfmaschinen leisten sie Arbeit, bewegen sie Lasten. Ganz analog verhält es sich im thierischen Körper. In der grössten Anzahl der Zellen und Zellenderivate wird aus der Oxydation unter gewöhnlichen Verhältnissen vor allem Wärme gebildet, welche zu den thierisch-organischen Vorgängen ein absolutes Erforderniss ist. In den Nervenzellen und Nervenfasern geht ein bestimmter Theil der Spannkräfte neben der Bildung von Wärme in Elektricität über; in den Muskelzellen und Muskelcylindern wird neben den eben genannten beiden Kräfteformen auch noch mechanische Arbeit geleistet, so dass wir demnach in diesen die complicirteste Art der Kräfteverwendung antreffen. Es darf freilich nicht vergessen werden, dass die chemischen Verbindungen stets mit elektrischen Wirkungen verbunden sind, so dass auch in den Zellen, welche nicht zu Muskeln oder Nerven gehören, namentlich in den Drüsenzellen elektrische Vorgänge sich finden mögen, doch stehen diese sicher weit hinter denen in den oben genannten Zellenabkömmlingen zurück. Ebenso findet sich nach den neuesten Beobachtungen kaum eine wahre Zelle, der alle Contractilität, die sonst nur den Muskeln zugeschrieben wurde, abgeht.

Die Form, die Structur der Organe hat demnach keinen Einfluss auf die Erzeugung der Kräfte überhaupt; die Verwendbarmachung von Spannkräften ist eine Eigenschaft aller thierischen Zellen, somit also auch aller aus Zellen sich aufbauender Organe; die Organe haben für die Kräfteerzeugung des Organismus nur insofern Bedeutung, als sie die freiwerdenden Spannkräfte in einer bestimmten, nach der Structur der Organe verschiedenen Richtung verwendbar machen.

Bei den Maschinen unserer Mechanik ist die Verwendung der Spannkräfte, für welche sie bestimmt sind, stets nur eine sehr unvollkommene. Bei den Dampfkraftmaschinen wird, wie schon erwähnt, höchstens nur $1/_{22}$ der absoluten Kraft der Kohle als Arbeit der Maschine gewonnen, die übrige Kräftesumme bleibt als Wärme, Elektricität, innere Reibung unbenützt.

In dem thierischen und menschlichen Organismus, die ja auch Kraftmaschinen im Sinne der Mechanik genannt werden müssen, geht von den erzeugten Spannkräften Nichts verloren. Die neben der mechanischen Arbeit als Nebenproducte gelieferten Kraftformen der Elektricität und Wärme haben für den thierischen Haushalt eine kaum geringere Bedeutung als die Arbeitsproduction selbst. Ohne Wärme würde die Mehrzahl der Verwandtschaftsbeziehun-

gen der einzelnen den Körper constituirenden und von aussen in ihn eintretenden chemischen Stoffe nicht sich bethätigen können; unter ihrer Einwirkung nur gehen die Sauerstoffverbindungen, auf denen im letzten Grund alle organischen Thätigkeiten beruhen, vor sich; die Gährungsvorgänge, die wir im Organismus antreffen, können nicht ohne Wärme stattfinden. Aehnlich bedingt und bedingend ist das Auftreten elektrischer Vorgänge, elektrischer Strömungen im Thiere. Wie die chemischen Vorgänge mit elektrischen Erscheinungen verknüpft sind, so können auf der anderen Seite gewisse Zersetzungen z. B. die die Zellenthätigkeit charakterisirende Spaltung der Eiweissstoffe sicher nicht ohne Einwirkung jener starken elektrischen Ströme, die sich in den Zellen besonders den Muskeln und Nerven finden, vor sich gehen. Wir sehen die Grösse des Vorgangs der Eiweissspaltung in jenen Organen abhängen von der Stärke des in ihnen kreisenden elektrischen Stromes. (J. Ranke.)

Die thierische Kraftmaschine ist also eine weit vollkommenere als alle von der Mechanik gelieferten krafterzeugenden Maschinen, doch beruhen im letzten Grunde die thierischen Kraftleistungen auf den gleichen Bedingungen, auf die auch die Leistungen einer grossen Zahl von Maschinen — der Dampfmaschinen — zurückgeführt werden können.

Mechanische Arbeitsleistung und Contractilität der Zellen, Flimmerzellen.

Wir sehen die Erscheinungen der Contractilität an das eiweissreiche Zellenprotoplasma geknüpft. Ueberall, wo wir mechanische Leistungen als Eigenbewegungen der Zellen — Locomotionen — oder Bewegung grösserer Organe oder des Gesammtkörpers antreffen, beruhen diese auf Gestaltsveränderungen der Zellen.

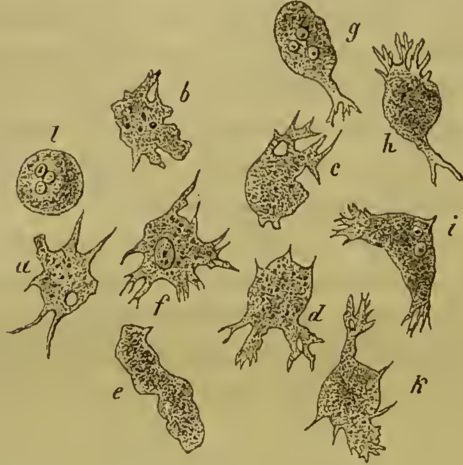
Die Ausdrücke: Contraction und Contractilität beziehen sich zuerst auf die glatten Muskelzellen und quergestreiften Muskelschläuche. Sie zeigen auf Reize eine Verkürzung und Verdickung, sie ziehen sich zusammen und können dadurch, weil sie bandartige Länge besitzen, entferntere Organtheile, an denen sie befestigt sind, einander annähern.

Die Gestaltsveränderungen der übrigen Zellen, welche die neuere Forschung als contractil erkannte, sind davon ziemlich verschieden. Keine Formveränderungen, die auf Contractilität deuteten, sind bis jetzt fast nur noch an den Nervenzellen und rothen Blutkörperchen erkannt worden. Sonst zeigen wohl alle Zellen, so lange die Grenzschichten des Zellinhaltes noch nicht zu einer festeren Membran erhärtet, Bewegungserscheinungen, welche oft lebhaft an die gewisser niederer Thiere — Amöben — erinnern.

Am bekanntesten sind diese amöboiden Gestaltveränderungen an den im Tode kugeligen, freien Zellen, die im thierischen Körper so vielseitig vorkommen und als farblose Blutkörperchen, Lymph- und Chyluskörperchen, Schleimkörperchen, Eiterkörperchen beschrieben werden, obwohl sie im Wesentlichen nicht verschieden sind. Leichter als an diesen Zellen aus den Flüssigkeiten des Menschen- und Säugethierkörpers können die fraglichen Bewegungen an

den analogen Zellen vom Frosch beobachtet werden, namentlich an Eiterkörperchen aus der wässerigen Flüssigkeit des Auges bei (künstlicher) Hornhautentzündung. Bringen wir, nicht ohne gewisse Vorsichtsmassregeln, ein Tröpfchen dieser Flüssigkeit unter das Mikroskop, so zeigen sich in ihr Zellen von der verschiedensten zackigen Gestalt. Mehr träg oder rascher sehen wir die

Fig. 33. (*F.*)



Contractile Zellen aus dem *Humor aqueus* des entzündeten Froschauges.

Fig. 34. (*F.*)



Contractile farblose Zellen des menschlichen Blutes; *a* 1—10 aufeinander folgende Formveränderungen einer Zelle im Laufe von 40 Minuten; *b* eine sternförmige Zelle.

Gestalt dieser Ausläufer und Zacken sich verändern. Aus dem Zellenkörper treten dünne, fadenförmige Fortsätze oft rasch hervor, andere breitere verästeln sich reich. Berühren sich solche ausgesendete Aeste benachbarter Fortsätze, so verfliessen sie in einander und bilden zierliche Maschenräume. Andere Ausläufer verkürzen sich dagegen und ziehen sich in den Zellenleib zurück. Im Zelleninhalt zeigt sich ein Strömen der Protoplasmakörnchen. Erst bei dem Eintritt des Todes lässt dieses Bewegungsspiel nach, die Zelle wird rundlich, kugelig und nimmt so die Form an, die man früher allein für sie charakteristisch hielt. An den Zellen des lebenden Bindegewebes und an den sternförmigen Zellen der Hornhaut (Kühne) findet sich ein ähnliches Spiel von Bewegungserscheinungen (?), das bei letzteren einen Zusammenhang mit Nervenerregung nicht verkennen lässt. Auch Drüsen- (Leber-) Zellen zeigen derartige Bewegungen etc.

An den W i m p e r- oder F l i m m e r z e l l e n gewisser Epithelien: Athemorgane vom Naseneingang bis in die feinsten Bronchien, in den Geschlechtsorganen von den Tuben bis zum Muttermund, in den Hirnhöhlen stehen feine Härchen an der Oberfläche eines Theiles der Zellmembran: die Wimperhärchen oder Flimmercilien. So lange diese Zellen leben sind alle die Härchen in schwingender Bewegung unausgesetzt begriffen. Auch diese Bewegungen scheinen auf Contractionsphänomenen des Zellenprotoplasma's zu beruhen, in welche neuere Beobachter die Wurzeln der Cilien haben hineinragen sehen (Valentin, Buhlmann, Friedreich, Eberth). Eine Einwirkung des Nervensystems scheint nicht stattzufinden. Die Härchen biegen sich bei ihren Bewegungen abwechselnd knieförmig ein und richten sich wieder auf, wodurch sie leichte Körperchen in bestimmter Richtung fortschleudern; beim Respira-

tions- und Geschlechtsapparat werden kleine Theilchen dem Ausgange ihrer Höhlungen zugeführt, z. B. Schleim, das Eichen etc. Für gewöhnlich erfolgen bis 5 Schwingungen in der Secunde.

An Kernen von Zellen zeigen sich bei höheren Thieren keine Bewegungen, doch sind die Samenfäden, die eine sehr lebhafte Bewegung zeigen, bei den Wirbelthieren aus Zellkernen hervorgegangen; sie bewegen sich aber erst, wenn die Zellhülle entfernt ist.

In den Pigmentzellen der Frösche, in den Knorpelzellen, die frei auch contractil sind, in den Eiterkörperchen und ihren Analogen finden sich die Inhaltkörnchen in einer Molecularbewegung, die mit dem Leben der Zelle schwindet. Es ist wahrscheinlich, dass diese Körnchenbewegung theilweise denselben Grund hat wie die Molecularbewegung, die man an unorganischen, sehr feinen Niederschlägen in Flüssigkeiten wahrnimmt. Mit dem Absterben der Zellen tritt meist ein Festwerden des flüssigen Inhalts und damit Molecularruhe ein.

v. Recklinghausen und Engelmann beobachteten an den contractilen Körperchen von der Froschhornhaut eine Ortsveränderung, sie schieben sich durch Gewebslücken hindurch und legen so nicht ganz langsam ziemliche Strecken zurück. Sie wechseln dabei fortwährend ihre Gestalt, indem sie sich dem engen Raum anpassen.

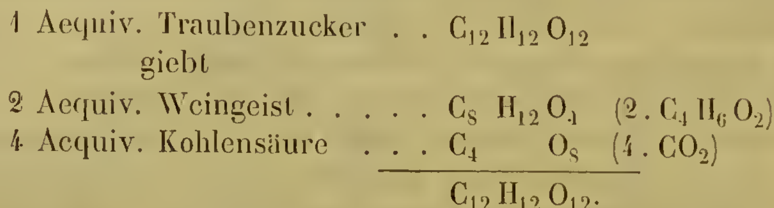
Haeckel u. A. sahen winzige Körnchen von zerriebenem Zinnober, Karmin, Indigo, kleine Fettmoleeüle der Milch von Zellen mit amöboider Bewegung in ihr Protoplasma activ aufgenommen werden. An die ausgesendeten Zellenfortsätze hängen sich die Körnchen an; werden die Fortsätze eingezogen, so gelangen mit ihnen die Körnchen in das Protoplasma. Besonders deutlich sieht man diesen Vorgang an den farblosen Zellen des Blutes, der Lymphe, des Eiters. Im lebenden Organismus sehen wir auch grössere geformte Massen in das weiche Zellenprotoplasma eindringen, eingedrückt werden: Farbstofftrümmer, Fettkügelchen, selbst ganze Blutkörperchen (blutkörperhaltige Zellen) finden wir im Zelleninnern eingebettet.

Die Stoffaufnahme und das active Wandern der Zellen öffnen dem Blick eine neue Welt minimaler Vorgänge (Frey). Amöboide Zellen, die wir in thierischen Flüssigkeiten so häufig finden, ohne uns ihr Vorkommen vollkommen erklären zu können, können aus tiefer gelegenen Organpartien ausgewandert sein. Geformte Partikelchen von Ferment- und Ansteckungsstoffen können in Amöboidzellen aufgenommen und von diesen nach entfernten Localitäten des Körpers gebracht, zu schweren Folgen für den Organismus führen.

Die Contractilitäts-Erscheinungen des Protoplasma sind offenbar in vielen Fällen von dem Einfluss des Nervensystems ganz unabhängig, wie sich aus der Thatsache zu ergeben scheint, dass auch freie, einzelne Zellen in solchen Bewegungen spielen. Hier mag wohl der Zellkern, den wir in vielen Zellen als das nervöse Endorgan erkannt haben, auch frei von weiteren nervösen Verbindungen doch als nervöses Erregungscentrum wirken. In anderen contractilen Zellen und Zellenderivaten: glatte und quergestreifte Muskeln etc. ist der Nerveneinfluss unverkennbar zur Contraction erforderlich. Ueberall tritt der motorische Nerv in directe Verbindung mit dem contractilen Protoplasma. Frankenhäuser hat nachgewiesen, dass der Zellkern der glatten Muskelzelle das Endorgan ihres motorischen Nerven sei.

Die Eiweissstoffe als Fermente.

Unter die Leistungen der Eiweisssubstanzen gehören auch jene merkwürdigen als Katalyse, Gährung, Erregung berühmten Vorgänge, welche darauf beruhen, dass sich die Zersetzung der Eiweisskörper auf andere zersetzungsfähige Stoffe überträgt. Die bekannteste, ausserhalb des Organismus eintretende Erscheinung der Art ist die unter der Einwirkung eines sich zersetzenden Eiweissstoffes, der Hefe, welche in dieser Beziehung den Namen Gährungserreger oder Ferment erhält, eintretende Zersetzung des Traubenzuckers in Alkohol und Kohlensäure:



1 Aequiv. Traubenzucker . . $C_{12} H_{12} O_{12}$
giebt
2 Aequiv. Weingeist . . . . . $C_8 H_{12} O_4$ $(2 . C_4 H_6 O_2)$
4 Aequiv. Kohlensäure . . . $C_4 O_8$ $(4 . CO_2)$
$C_{12} H_{12} O_{12}$.

Die genannten Processe hängen auf das Innigste zusammen mit den Vorgängen der Verwesung und Fäulniss.

Unter der Einwirkung des Sauerstoffs der Luft und des Wassers gehen die Pflanzen- und Thierleiber nach ihrem Absterben jene eigenthümlichen Zersetzungen ein, die schliesslich die gleichen Resultate liefern, wie die directe Verbrennung der organischen Stoffe oder der Lebensprocess, der bei den Thieren ganz, bei den Pflanzen zum Theil mit Verbrennungen verknüpft ist. Die organischen Bestandtheile der todten Pflanzen- und Thierkörper verbinden sich mit Sauerstoff zu Kohlensäure und Wasser, der Stickstoff wird zu Ammoniak und nur die anorganischen Bestandtheile, die Asche werden dem Boden zurückgegeben, dem sie entstammten. Von einem gefällten, den Einflüssen der Atmosphäre ungeschützt überlassenen Baume ist nach etwa 30 Jahren in Folge dieses Vorganges Nichts mehr als etwa die Rinde übrig; die Thierleiber verschwinden bekanntlich meist noch früher vollkommen. Diese Auflösung der organischen Stoffe in die einfachen Elemente, aus denen sie entstanden, erinnert auch in sofern an die Lebensvorgänge im Organismus, weil auch hierbei nicht direct die letzten Endproducte der Oxydation, sondern zuerst Mittelglieder, welche in ihrem Sauerstoffgehalt zwischen beiden stehen, zu Stande kommen. Ein Theil dieser letzteren ist gewöhnlich von üblem Geruch, flüchtige riechende Substanzen, wodurch dem Vorgang der Fäulniss etwas Widerliches ertheilt wird. Die Fäulnissproducte des Eiweisses sind ungefähr dieselben, in welche es durch die Einwirkung von Säuren und Alkalien zerfällt; sie sind weit weniger complicirt als die primären Oxydationsproducte, die im Organismus entstehen. Bei diesen Vorgängen werden selbstverständlich ebenfalls die den organischen Stoffen inwohnenden Spannkräfte frei: die faulenden Stoffe erwärmen sich ziemlich beträchtlich; ein anderer Theil der Spannkräfte kann dazu benutzt werden, andere an sich nicht fäulnissfähige organische Stoffe in die Zersetzung mit hineinzuziehen, sie durch Gährung zerfallen zu lassen.

Unter Gährung versteht man also das Zerfallen oder die Spaltung einer organischen Verbindung unter dem Einflusse oder der Berührung eines Fermentes.

Als Fermente stehen die Eiweissstoffe und ihre Derivate oben an; doch scheint ein Theil der im Organismus wirksam werdenden Fermentkörper nicht zu den Eiweissstoffen zu gehören. Nach Pasteur erfolgen die Gährungen ausserhalb des Organismus nur unter der Mitwirkung niederer Organismen: Torulaceen und Vibrionen, letztere veranlassen die Buttersäuregährung.

Es ist eine Eigenthümlichkeit der Fermentwirkung, dass schon eine sehr geringe Menge des Fermentes hinreicht, um auf grosse Massen anderer, damit unter geeigneten Bedingungen in directe Berührung kommender Substanzen ihre eigene Molecularbewegung zu übertragen.

Unter den günstigen Bedingungen zum Eintritt der Gährung steht für den Anfang die Gegenwart des Sauerstoffs der atmosphärischen Luft oben an; wenn der Process einmal eingeleitet ist, so schreitet er auch ohne Mitwirkung der Luft fort. Ausserdem sind Wasser und eine bestimmte Temperatur, welche zwischen 20—40° C. liegt, unerlässliche Bedingungen der Gährung. Eine Temperatur von 0° und Siedehitze heben die Gährung auf.

Wir erkennen sogleich, dass alle die erforderlichen Bedingungen im thierischen Organismus gegeben sind und wir sehen in Folge dessen auch zahlreiche Gährungsvorgänge in diesem eintreten. Wir haben hier ja die sich zersetzenden Eiweisskörper, den Sauerstoff, die geeignete Temperatur, das Wasser und eine nicht unbeträchtliche Anzahl von Stoffen, die der Gährung fähig sind.

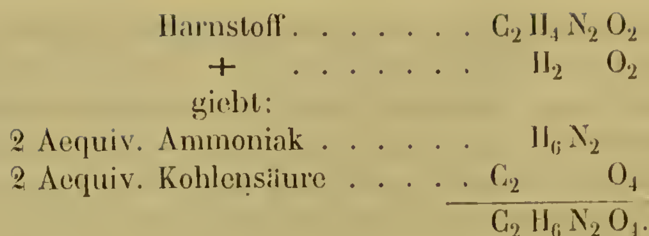
Man könnte glauben, dass die sich zersetzenden Eiweisskörper im Organismus durch ihre noch theilweise wenigstens bestehende Organisation an einer fermentartigen Thätigkeit könnten gehindert werden. Die Bierhefe, welche aus zellenähnlichen Gebilden besteht, ist der beste Beweis dafür, dass Eiweissstoffe in organischer Form ihre Zersetzung und Molecularbewegung auf gährungsfähige Körper übertragen können. Nach neueren Angaben scheint sogar zur Gährung auch im Organismus stets Pilz- und Infusorienbildung, also eine organisirte Form der sich zersetzenden Eiweissstoffe zu gehören.

Die Art der Zersetzung, deren ein Fermentkörper unterliegt, bleibt nicht ohne Einfluss auf die Art der Bewegung und Zersetzung, die er auf andere Stoffe überträgt. Man unterscheidet danach verschiedene Fermente, die in ihren Wirkungen ganz verschieden sind.

Durch Hefe zerfällt der Traubenzucker in Alkohol und Kohlensäure. Der Process der Gährung wird ein ganz anderer, wenn anstatt Hefe, ein eigentlich faulender Eiweisskörper als Ferment verwendet wird. Der Zucker zerfällt dann in Milchsäure oder Buttersäure, Kohlensäure und Wasserstoffgas nach folgender Formel:

1 Aequiv. Traubenzucker	$C_{12} H_{12} O_{12}$
giebt:	
1 Aequiv. Buttersäure	$C_8 H_8 O_4$
4 Aequiv. Kohlensäure	$C_4 O_8$
4 Aequiv. Wasserstoffgas	H_4
	$C_{12} H_{12} O_{12}$.

Bei manchen Gährungen werden die Elemente des Wassers in die zerfallenden Stoffe aufgenommen. So zerfällt der Harnstoff unter die Einwirkung faulender Körper unter Wasseraufnahme in Kohlensäure und Ammoniak:



Harnstoff	$C_2 H_4 N_2 O_2$
+	$H_2 \quad O_2$
giebt:	
2 Aequiv. Ammoniak	$H_6 N_2$
2 Aequiv. Kohlensäure	$C_2 \quad O_4$
	$C_2 H_6 N_2 O_4$.

In dem Organismus des Thieres giebt es sehr verschiedene Fermente welche sich durch verschiedene Gährungserscheinungen, theilweise ganz eigenthümlicher Art charakterisiren.

Die Milchsäure- und Buttersäure- und Wasserstoff-Bildung beweist, dass ähnlich wirkende Fermente, wie in eigentlicher Fäulniss begriffene Eiweisskörper auch hier vorkommen. Sie finden sich besonders im Magensafte und der Milch.

In anderen Zellen entstehen Fermente, welche Stärke und stärkeähnliche Körper, wie z. B. das Glycogen, den zuckerbildenden Stoff, der wahrscheinlich aus der Zersetzung der Eiweisskörper in den Leberzellen entsteht, in Dextrin oder Stärkegummi (einen in Wasser löslichen schleimigen Stoff von der Elementarzusammensetzung der Stärke und der Cellulose — $C_{12} H_{10} O_{10}$ —, eine Zusammensetzung, welche auch das Glycogen zeigt) und Zucker überführen. Diese Fermente werden in den Zellen des Pankreas, der Darm- und Leberzellen und im Speichel gefunden. Sie sind für den Haushalt des thierischen Organismus äusserst wichtig, da auf ihrer Wirkung die Fähigkeit beruht, die an sich in den thierischen Säften unlösliche Stärke, welche die ein wichtiges Nahrungsmaterial besonders für die Pflanzenfresser ist, in eine lösliche Form überzuführen und somit erst die Möglichkeit ihrer Verwendung zu geben.

Noch wichtiger sind jene Fermente, welche den Eiweisskörpern in ihre festen Modification die Fähigkeit der Lösung in den thierischen Säften ertheilen. Jene Fermente finden sich vorzüglich im Magensaft, Darmsaft, pankreatischen Saft als Resultat der Lebensthätigkeit der betreffenden Drüsenzellen. Auch in anderen Gewebszellen finden sich vielleicht solche Fermente, auf deren Thätigkeit die Lösung der festen Gewebsbestandtheile beruht. Das eiweisslösende Ferment der Labdrüsen des Magens trägt den Namen Pepsin und erfordert für seine Wirksamkeit, dass die zu lösenden Eiweissstücke vorher durch schwache Säuren zum Aufquellen gebracht wurden.

Im Dünn- und Dickdarm kommen Fermentwirkungen vor, welche Milchsäure in Kohlensäure, Wasserstoff und Buttersäure zerlegen.

In der Galle, im Darmsaft, besonders aber im pankreatischen Safte findet eine auf Gährung beruhende Zerlegung der Fette statt in Glycerin und Fettsäuren.

Gallensäuren zerfallen in Taurin, Glycocoll, Chol- und Choloidinsäure; Harnstoff in kohlensaures Ammoniak; die organischen Säuren in Kohlensäure und Wasser.

Wirkungsweise der gährungerregenden und gährunghemmenden Stoffe.

Fast alle Gährungserscheinungen zeigen eine neben der Spaltung statthabende Sauerstoffaufnahme.

Die Entdeckungen Schönbein's, dass sehr viele Stoffe die Eigenschaft besitzen, aus Sauerstoff Ozon zu bilden, der sich von dem gewöhnlichen Sauerstoff durch seine lebhafte Verwandtschaft zu oxydirbaren Stoffen auszeichnet, hat einen Schlüssel für das Verständniss dieser merkwürdigen Vorgänge geliefert. Ueberall wo sich energische Oxydationsprocesse finden, wird eine überflüssige Menge von Ozon gebildet, die zur Einleitung von Oxydationen in anderen Stoffen noch Gelegenheit gibt. Also ist schon der Vorgang der Oxydation an irgend einem Stoffe im Stande, ähnliche Vorgänge auch an anderen hervorzurufen. Ausserdem giebt es viele Stoffe, welche in keinem Pflanzen- oder Thiergewebe fehlen, mit der Fähigkeit eine grosse Menge von Sauerstoff in die active Form des Ozons zu verwandeln, so dass sie dadurch Gelegenheit geben zur Oxydation und auf Oxydation beruhenden Spaltung, Gährung in ihrer Nähe befindlicher Körper. Im thierischen Organismus besitzen diese Eigenschaft vor allem die rothen Blutkörperchen, aber auch in allen anderen Zellensäften kommen Stoffe der Art vor, durch deren Wirkung Sauerstoff ozonisirt werden kann. Alle organischen Oxydations-Erscheinungen beruhen im letzten Grund auf diesem Vorgange; die Stärke der Oxydationen steht in einem gewissen Verhältnisse zur Menge der gleichzeitig in dem oxydirenden Organe, in der Zelle vorhandenen ozonbildenden Stoffe. Da bei dem Ernährungsvorgange das Eiweiss, das in der Nahrung aufgenommen wird, sehr rasch die Blutkörperchen vermehrt (Voit), so sehen wir die Oxydation, die Aufnahme von Sauerstoff in den Organismus im directen Verhältniss zum Eiweissgehalte der Nahrung. Je mehr Eiweiss eingeführt wird, desto mehr Sauerstoff nimmt der Organismus auf, desto stärker sind die Oxydationen.

Da die genannten Stoffe eine überschüssige Menge von Ozon bilden, mehr als zu ihrer eigenen Zersetzung nöthig ist, da eine grosse Zahl derselben nur als Ozon-Bilder und Ozon-Uebertrager anzusehen ist, ohne dass sie wenigstens primär selbst der Oxydation durch das von ihnen gebildete Ozon unterliegen, z. B. die Blutkörperchen und Fermente, so verstehen wir, wie eine ganz geringe Menge dieser Stoffe unter günstigen Verhältnissen schon hinreichen kann, um eine grosse Masse gährungs- und spaltungsfähiger Stoffe zu zerlegen.

Diese Erklärung reicht freilich nicht für alle Fälle der Gährung aus. Eine Anzahl dieser Vorgänge findet ohne gleichzeitige Oxydation statt. Die Verschiedenheit der Wirkung der verschiedenen Fermente bleibt vollkommen dunkel. Es kommen sicher noch eigenthümliche Verwandtschaftsbeziehungen der Fermente zu Atomgruppen, aus welchen die gährungsfähigen Stoffe zusammengesetzt sind, zur Wirkung, aus denen eine Spaltung erfolgt, wenn die Verwandtschaft des Fermentes zu einer der Atomgruppen eine stärkere ist als die Verwandtschaft der constituirenden Atomgruppen unter einander. Die Erscheinung, dass eine nur kleine Menge Ferment unbegrenzte Quantitäten anderer Stoffe zu zersetzen vermag, lässt sich bei dieser Annahme nur anschaulich machen, wenn wir annehmen, dass die aus der Spaltung hervorgehenden Atomcomplexe sich nicht mit dem Fermente definitiv chemisch verbinden, sondern dass das Ferment nach seiner Wirkung wieder frei wird, um seine anziehende, zerlegende Thätigkeit von Neuem zu beginnen. (Bunsen.)

Die Schönbein'schen Entdeckungen haben auch die ersten Gesichtspuncte für eine Erklärung der Wirkungen einer Reihe von Substanzen geliefert, welche

auf den Fortgang der Gährung hindernd einwirken oder sie sogar ganz unterbrechen. Es sind dieses ausser Metallsalzen und Alkohol namentlich anorganische und organische Säuren.

Alkohol, anorganische Säuren und Metallsalze verhindern die Gährung darum, weil sie die in den Fermenten vor sich gehende Moleculartthätigkeit unterbrechen. Bei der Anwesenheit grosser Alkoholmengen gehen keine Oxydationsprocesse vor sich, da das Eiweiss wie durch anorganische Säuren in die unlösliche Form überführt und dadurch conservirt wird; die Metallsalze gehen Verbindungen mit den Eiweisskörpern ein, welche sie ebenfalls unlöslich machen und vor weiterer Zersetzung schützen, demnach die Möglichkeit einer auf Zersetzung beruhenden Kräfteerzeugung aufheben.

Auch die Säuren heben im Ueberschuss zu gährenden Flüssigkeiten gesetzt die Gährung auf, ein Minimum von Säure hingegen befördert den Gährungsverlauf.

In Betreff der Milchsäure ist dieses Verhalten näher untersucht (J. Ranke). Die Milchsäure ist ein im Organismus sehr verbreiteter Stoff und betheiligt sich fast überall, besonders aber im Muskelgewebe, wo sie in grösseren Mengen entsteht, an den stattfindenden chemischen Vorgängen. Die Milchsäure selbst ist ein Ozonbilder, so dass sie in geringen Mengen in einer Flüssigkeit die Gährung unterstützt. Grössere Mengen von Milchsäure hindern dagegen die Gährung, indem sie alles gebildete Ozon entweder in gewöhnlichen Sauerstoff verwandeln oder, was noch wahrscheinlicher ist, für ihre eigene Zersetzung verwenden. Ueberall, wo Ozon gebildet wird, kann dessen Wirkung durch die genannte Eigenschaft der Milchsäure verhindert werden. Aehnlich wirken wohl alle organischen Säuren.

Ueberall wo eine Unterbrechung der Gährung durch anorganische Stoffe eintritt, müssen wir zuerst fragen, ob sie das entstehende Ozon zu ihrer eigenen Zersetzung verwenden und dadurch dem gährungsfähigen Stoffe entziehen, oder ob sie vielleicht die Fähigkeit, Ozon in gewöhnlichen, nichtactiven Sauerstoff umzuwandeln, besitzen, wodurch er ebenfalls von einer oxydirenden Wirkung abgehalten werden könnte. Einige organische Gifte scheinen ihre Wirksamkeit diesem letzteren Verhalten zu verdanken.

Das Eiweiss als plastische Substanz.

Wir haben vier Hauptleistungen der Eiweissstoffe im thierischen Organismus kennen gelernt:

Wärmebildung,
Elektricitätsentwickelung,
mechanische Arbeitsleistung,
Gährungserzeugung,

welche alle in ihrem letzten Grund auf Zersetzung und Oxydation beruhen. Noch eine Reihe anderer Eigenschaften macht das Eiweiss zur Verwendung im thierischen Organismus besonders geeignet.

Das Eiweiss findet sich vor allem zur Bildung der geformten organischen Theile verwendet, wozu es sich durch seine Fähigkeit, den flüssigen mit dem festen Aggregatzustand und umgekehrt leicht zu vertauschen, besonders

geeignet zeigt. Die gleichfalls schon besprochene Indifferenz einer Reihe seiner Abkömmlinge gegen die im Organismus erzeugten und vorhandenen Lösungsmittel macht diese geschickt, als Behälter und Filter für stark chemisch wirkende Flüssigkeiten zu dienen. Dadurch, dass das Eiweiss sich mit einigen anorganischen Stoffen z. B. mit der phosphorsauren Kalkerde vereinigt zu Verbindungen, welche in alkalischen Flüssigkeiten, wie sie sich fast überall im Körper finden, löslich sind, betheiligt es sich an dem Flüssigkeitstransport dieser Stoffe durch den Organismus.

Die Schwierigkeit, mit welcher die Eiweisskörper Krystallform annehmen, trägt sicher nicht wenig dazu bei, sie zum Baumateriale der sehr verschieden geformten, von gekrümmten Flächen aller Art begrenzten organischen Gewebselemente geeignet zu machen. Eine stärkere Richtkraft, welche dahin zielte, die Eiweissmolecüle in regelmässige, geradlinige Form zu ordnen, würde nicht nur die Entstehung von Röhren, Bläschen und anderen organischen Formen hindern, sondern auch die einmal gebildeten leicht wieder in krystallinische Bruchstücke zerfallen lassen.

Der Wassergehalt der Gewebe.

Kaum weniger wichtig als die bisher genannten Eigenschaften ist die der Quellung und Imbibition, welche den Eiweisskörpern in hohem Maasse zukommt.

Die trockenen Eiweisskörper nehmen begierig aus der Luft Wasserdampf auf und verdichten diesen in sich; in Wasser gelegt schwellen sie zu einem grossen Volumen unter Wasseraufnahme. Im thierischen Organismus sind alle Eiweissstoffe mehr oder weniger in diesem Zustande der Quellung. Die 75% Wasser, welche die Gewebe im Durchschnitt enthalten, sind hauptsächlich als Imbibitionsflüssigkeit zu betrachten.

Die Wichtigkeit dieses Verhaltens ist sehr einleuchtend. Durch diese Wasseraufnahme kann mit einem Dritttheile und weniger an festen Stoffen, als sonst nöthig wäre, ein sehr voluminöses Gebilde aufgeführt werden. Die feinen thierischen Membranen, die Zellenhüllen etc. bestehen sonach nicht etwa aus einem festen Stoffe, sondern zum grössten Theil aus Wasser, das durch die Eiweissstoffe in die organische Form geprägt wird. Das Wasser drängt sich zwischen die feinsten Gewebsmolecüle und bildet so mit Wasser ausgefüllte Gewebslücken, welche alle Membranen und Gewebe durchziehen und den Flüssigkeits- und Gas-Verkehr zwischen den einzelnen Zellen und Zellenabkömmlingen vermitteln. Wie sehr die Cohäsions- und Elasticitätsverhältnisse der betreffenden Stoffe durch die Wasseraufnahme geändert werden müssen, liegt auf der Hand. Die Dehnbarkeit der thierischen Stoffe beruht zum grössten Theil auf ihrem Wassergehalt.

Auch die Verbreitung der elektrischen Strömungen in dem Organismus ist durch den Wassergehalt seiner Gewebe bedingt. Ganz trockene Eiweissstoffe leiten die Elektricität gar nicht, wie z. B. die trockene Epidermis der

Haut; erst dadurch, dass sich die Eiweissstoffe mit Wasser durchtränken, dem stets noch Salzlösungen organischer und unorganischer Art beigemischt sind, wodurch die Leitungsfähigkeit des Wassers für elektrische Ströme verbessert wird, können die elektrischen Ströme die Organe durchsetzen und ihre für den thierischen Lebensprocess so eingreifenden Wirkungen hervorbringen.

Hydrodiffusion, Lösung, Endosmose.

Die mit Wasser angefüllten Gewebslücken, die wir uns theils als gröbere Hohlräume, theils als Molecularöffnungen vorstellen müssen, bilden feine oder weitere Canäle, welche die Gewebe und Häute durchziehen. Befinden sich auf beiden Seiten einer Membran wässerige Flüssigkeiten, so dass die Haut als Scheidewand dient, wie z. B. die Zellmembranen zweier an einander liegender, mit Flüssigkeit gefüllter Zellen, oder das Sarkolemma, welches die einzelnen flüssigen Inhaltsmassen der Muskelprimitivcylinder von einander trennt, so sehen wir auf den ersten Blick, dass die auf diese Weise hergestellte Trennung der Flüssigkeiten keine absolute ist. Sie stehen durch die ebenfalls mit wässriger Flüssigkeit gefüllten Porencanäle der Haut mit einander in directer Verbindung, so dass wir in diesem Falle im Wesentlichen dieselben physikalischen Vorgänge der Mischung der Flüssigkeiten werden erwarten müssen, wie sie eintreten, wenn wir zwei wässerige Flüssigkeiten ganz ohne Scheidewand mit einander in Berührung bringen.

Es ist bekannt, dass zwei oder mehrere sich mischende aber nicht chemisch zersetzende Lösungen, welche mit einander in Berührung gebracht werden, ihre Bestandtheile so lange mit einander austauschen, bis die dadurch entstandene Mischung überall vollkommen gleichartig ist. Die sich mischenden Flüssigkeiten durchdringen sich also gegenseitig vollkommen aus physikalischen Ursachen, welche in ihnen selbst gelegen sein müssen, da diese gegenseitige Durchdringung auch stattfindet, wenn gar keine äusseren, sie unterstützenden Momente, wie Erschütterungen z. B., hizukommen. Diese Mischung geht dem Gesetze der Schwere sogar entgegen vor sich. Von zwei specifisch verschieden schweren Flüssigkeiten, von denen die schwerere auf den Boden eines Glascylinders gebracht, die leichtere vorsichtig ohne eine mechanische Mischung zu erzeugen auf die erstere geschichtet wurde, durchdringt die eine die andere ebensogut als wenn der Versuch umgekehrt stattfände. Die schwerere Flüssigkeit steigt in der leichteren auf, die leichtere sinkt in die schwerere herab, und es entsteht endlich trotz des Hindernisses durch die Wirkung der Schwere eine vollkommen gleichartige Mischung.

Da die Concentrationsgrade der sich mischenden Lösungen vollkommen gleichgültig sind und unter allen Umständen die Mischung eine gleichmässige wird, so ist klar, dass die Mischung unabhängig ist von etwaigen Anziehungen der Stoffe auf einander, welche ja ein ganz bestimmtes, unveränderliches Mischungsaequivalent ergeben müsste.

Als die physikalische Ursache dieser Mischung der tropfbaren Flüssigkeiten, die nach E. du Bois-Reymond den Namen Hydrodiffusion trägt, muss eine gegenseitige physikalische Anziehung der Molecüle der gelösten oder flüssigen Körper angenommen werden. Dazu kommt noch, dass die Molecüle der tropfbar flüssigen Stoffe unter Umständen das Bestreben haben, sich von einander möglichst weit zu entfernen, welches Bestreben jedoch selbstverständlich durch das Volum des Lösungsmittels begrenzt wird.

Diese gegenseitige Abstossung der Molecüle der flüssigen und noch vielmehr der gasförmigen Stoffe ist das Resultat der Wärme, welche zur Ueberführung fester Stoffe in den flüssigen und gasförmigen Zustand erforderlich ist. Die Wärme, welche die festen Körper zuerst ausdehnt durch Auseinandertreiben der Molecüle, trennt die letzteren endlich soweit von einander, dass der Anziehungskraft dadurch mehr weniger das Gegengewicht gehalten wird (Flüssigkeiten), oder dass die Molecüle sogar gar keine Anziehungskraft mehr auf einander ausüben können (Gase). Bei dem Vorgange der Verflüssigung und dem Gasförmigwerden der Stoffe wird die Wärme in Repulsivkraft der einzelnen Atome verwandelt; ein Theil wird dazu verwendet, die Anziehungskraft der Atome unter einander zu paralysiren, der Rest zum wirklichen Auseinanderbewegen der Massentheilchen. Es ist selbstverständlich, dass die Wärme nicht als solche dabei fortbesteht, sie geht eben in jene neue Kräfteform über, sie wird als Wärme latent, sie scheint zu verschwinden. Treten Umstände ein, welche die Massentheilchen wieder zusammenpressen, so dass aus dem flüssigen oder gasförmigen Stoffe wieder ein fester entsteht, so wird die latent gewordene Wärme wieder frei, die Repulsivkraft verwandelt sich in Wärme zurück, aus der sie entstanden war. So sehen wir stets bei dem Festwerden vorher flüssiger oder gasförmiger Stoffe eine Wärmeentwickelung stattfinden, ebenso wie Wärme verbraucht, gebunden wird, wenn feste Körper den flüssigen oder gasförmigen Zustand annehmen. Es ist dabei gleichgültig ob die Verflüssigung nur allein durch Zuführen von Wärme — Schmelzen — eintritt oder durch Auflösung in einer lösenden Flüssigkeit — Lösung; bei beiden Vorgängen wird Wärme gebunden, die dazu dient die Molecüle von einander zu entfernen.

Die zur Lösung erforderliche Wärmemenge wird der Umgebung, zum grössten Theil dem Lösungsmittel selbst, entzogen. Es ist bekannt, dass durch Auflösung von gewissen Salzen in Wasser, sogenannte Kältemischungen, dasselbe unter Umständen eine solche Temperaturerniedrigung erfahren kann, dass es zu Eis erstarrt.

Die Menge der bei der Lösung eines festen Stoffes in einer Flüssigkeit latent werdenden Wärme, muss wenigstens die gleiche meist aber grösser sein, als die welche zum Schmelzen desselben Stoffes erforderlich ist. In dem letzteren Falle werden die Stoffmolecüle verhältnissmässig nur wenig weit aus einander getrieben; bei Lösungen, besonders bei grossen Verdünnungen der Lösung, weichen die einzelnen Molecüle sehr beträchtlich, jedenfalls weiter aus einander als bei einer einfachen Schmelzung. Es kann uns nicht verwundern, wenn das Experiment lehrt, dass bei der Lösung der Verbrauch an Wärme, die übrigen Factoren gleich gesetzt, steigt mit dem Grade der Verdünnung

der Lösung. Es gehört ein gewisser, correspondirender Aufwand von lebendiger Kraft dazu, die Molecüle weiter und weiter von einander zu entfernen.

Die Fähigkeit sich in Flüssigkeiten besonders in Wasser zu lösen ist für verschiedene Stoffe eine sehr verschiedene. Sie geht von dem Gewichte 0 bis zu sehr bedeutenden Werthen. Manche Stoffe lösen sich nur in heissen Flüssigkeiten, bei den meisten Stoffen steigt die sich lösende Menge für eine gegebene Flüssigkeitsmenge direct, bei anderen nach anderen Verhältnissen mit der Erhöhung der Temperatur. Einige sind sogar in höheren Temperaturen weniger löslich als in niedereren (Eiweiss etc.)

Durch die Gegenwart verschiedener Stoffe in der Lösungsflüssigkeit wird unter Umständen das sonst für reine Flüssigkeiten constante Gewichtsverhältniss, in welchem sich ein Stoff zu lösen vermag, verändert, meist erniedrigt.

Dieses constante Lösungsverhältniss der verschiedenen Stoffe in der gleichen Flüssigkeit zeigt, dass die Lösung nicht ohne gewisse Aehnlichkeit mit einer chemischen Verbindung des gelösten Stoffes mit der Lösungsflüssigkeit ist. Es findet bei der Lösung eine ziemlich innige Verbindung der Molecüle des gelösten Stoffes und der Flüssigkeit statt, die Molecüle binden sich bis zu einem gewissen Grade, und es entsteht aus dieser Bindung analog wie bei der chemischen Vereinigung ein Product, welches verschiedene Eigenschaften als die beiden Componenten erkennen lässt. Als Beweis dafür kann angeführt werden, dass das specifische Gewicht, die Dichtigkeit der Lösungen nicht das Mittel aus dem specifischen Gewicht des festen Stoffes und der Flüssigkeit, sondern dass es stets höher als das gerechnete ist. Die Flüssigkeit, welche einen Stoff in Lösung enthält verändert ihren Gefrier- und Siedepunct. Das Wasser in Lösungen gefriert bei einer niedereren und siedet bei einer höheren Temperatur als das reine Wasser. Durch die Veränderung des Aggregatzustandes der Flüssigkeit werden die Molecüle des festen Stoffes und der Lösung getrennt; beim Gefrieren scheidet sich der gelöste Stoff ebenso ab, wie er bei der Verdunstung zurückbleibt, es ist verständlich, dass zur Veränderung des Aggregatzustandes + der Trennung der Molecüle eine andere Summe von Kräften erforderlich ist, als zur Veränderung des Aggregatzustandes allein.

Der Vorgang der Lösung fester Stoffe in Flüssigkeiten findet in der Zelle und im gesammten thierischen Organismus die mannichfaltigste Anwendung. Die meisten Stoffe, welche wir als Nahrungsmittel kennen gelernt haben, sind an sich fest und müssen, um zu Organbestandtheilen werden zu können erst gelöst werden. Der Verbrauch der Organstoffe selbst ist wieder mit einer Verflüssigung verbunden; die verbrauchten Stoffe werden zum grossen Theile in wässeriger Lösung ausgeschieden: im Harn, im Schweiss.

In dem thierischen Organismus findet Mischung von Lösungen verschiedener Stoffe durch Diffusion, ohne dass sie durch eine Scheidewand von einander getrennt wären, wohl nur in dem Zelleninhalte selbst statt. In grösseren Flüssigkeitsmengen, wie im Blute, der Lymphe, dem Harne wird die Mischung hauptsächlich durch mechanische Beihülfe hergestellt, durch Erschütterungen, wie sie z. B. bei der Blutbewegung eintreten.

Der Flüssigkeitsaustausch zwischen den Zellen selbst findet stets durch mit Wasser imbibirte Scheidewände hindurch statt.

Man bezeichnet den Vorgang der Diffusion zweier Flüssigkeiten in einander, welche durch eine für beide durchgängige Membran geschieden sind als: Endosmose.

Das Endresultat der Endosmose ist ganz das gleiche wie das der Diffusion zwischen zwei unmittelbar sich berührenden Lösungen; die beiden durch eine Scheidewand getrennten Flüssigkeiten gleichen ihre Unterschiede ebenso vollkommen unter einander aus, ihre Mischung wird endlich eine vollkommen gleichmässige. Es finden Strömungen durch die Scheidewand hindurch von der einen Seite zur anderen statt.

Hiebei zeigt sich das bemerkenswerthe Verhalten, dass die Flüssigkeitsmengen, welche von einer Seite zur anderen durch die Diffusionsströme geschafft werden, meist nicht vollkommen gleich sind; der Diffusionsstrom in der einen Richtung überwiegt gewöhnlich den in der anderen.

Schematische endosmotische Versuche können in der Art ausgeführt werden, dass man in ein grösseres mit Wasser gefülltes Gefäss eine an ihrem einen Ende mit einer thierischen Haut z. B. Harnblase wasserdicht verschlossene mit einer Salzlösung bis zu einer beliebigen Höhe gefüllte Glasröhre hereinbringt. Man stellt die Diffusionsröhre so ein, dass ihr Flüssigkeitsniveau mit dem des grösseren Gefässes in gleicher Horizontalebene steht. Nach einiger Zeit finden wir die Lösung in dem Rohre höher stehen als das Niveau in dem grösseren Gefässe; erstere ist gestiegen zum Beweise, dass mehr Wasser durch die Scheidewand in das Rohr hereingetreten ist, als Salzlösung aus dem Rohre durch dieselbe Scheidewand in das grössere Gefäss.

Man kann diese Versuchsvorrichtung zum Zwecke einer demonstratio ad oculos leicht zu annähernd messenden Versuchen benützen, — wirkliche physikalisch genaue Messungen erfordern natürlich noch eine Reihe weiterer Vorsichtsmassregeln — wenn man die Diffusionsröhre calibrirt und für verschiedene gleichconcentrirte Lösungen von gleichem Volumen in gleichen Zeiten die Niveauerhebung abliest, welche eintritt, wenn man sie auf die oben beschriebene Weise in eine gleiche Wassermenge hereingebracht hat.

Es zeigt sich, dass die Menge Wasser, welche in die Diffusionsröhre eintritt, für verschiedene Lösungen sehr verschieden ist.

Bei wissenschaftlich messenden Versuchen bedient man sich nach dem Vorgange von Jolly um ein Maass für den ungleichen Werth der verschieden gerichteten Ströme zu erlangen, der Verhältnisszahl zwischen den Gewichten der nach der einen und der anderen Seite übergegangenen Flüssigkeitsbestandtheile und nennt diese Verhältnisszahl das: endosmotische Aequivalent. Das Steigen der Flüssigkeit in der Diffusionsröhre bringt die Verschiedenheit des endosmotischen Aequivalentes direct zur Anschauung.

Zu einer gleich concentrirten Lösung von kohlensaurem Natron geht eine weit grössere Wassermenge über als zu einer Lösung von Kochsalz.

Harzer gewann folgende Werthe für die endosmotischen Aequivalente einiger wichtigen Stoffe:

	endosmotisches Aequivalent:
kohlensaures Natron	32,788
phosphorsaures Natron	27,915
kohlensaures Kali	19,531
schwefelsaures Natron	8,866
Chlorcalcium	5,889
Chlorkalium	3,894
Chlornatrium	3,710
Harnstoff	1,551
Weinsäure	2,915

Nach Untersuchungen von Ludwig und Cloetta ist das endosmotische Aequivalent je nach dem Concentrationsgrade der diffundirenden Lösung sehr wechselnd. Auch die Temperatur hat einen bedeutenden Einfluss, ebenso die Membran, welche als Scheidewand diente. Matteucci und Cima geben an, was ich wenigstens in Beziehung auf Filtration für den Darm bestätigen kann, dass eine Membran, welche noch die Eigenschaften des Lebens an sich trägt, andere Diffusionsverhältnisse zur Erscheinung kommen lässt als eine längere Zeit schon aus dem Thiere ausgeschnittene, abgestorbene. Die Grösse des Diffusionsstromes schwankt auch dann, wenn anstatt Wasser eine Salzlösung dem Diffusionsrohre entgegengesetzt ist; dagegen stören sich die Diffusionströme zweier gegenseitig indifferenter Salze wie Kochsalz und schwefelsaures Natron nicht, wenn sie in einer und derselben Flüssigkeit gelöst sind, und also gleichzeitig nach derselben Richtung die Scheidewand durchsetzen. Es geht von beiden Salzen die gleiche Menge in das Wasser über — und dafür Wasser in die Diffusionsröhre herüber —, als wenn sie einzeln diffundirt hätten.

Für eine Erklärung des verschiedenen endosmotischen Aequivalentes muss die Annahme gemacht werden, dass die Scheidewand den verschiedenen durchtretenden Lösungen verschiedene Widerstände entgegensetzt. Je grösser der Widerstand ist, welchen eine Salzlösung von der Scheidewand erfährt, desto geringer wird in der Zeiteinheit z. B. einer Stunde die Menge sein müssen, die durch die Scheidewand hindurch getreten ist. Das Wasser welches einen im Verhältniss nur sehr minimalen Widerstand erfährt, tritt während der Diffusionszeit fast ungehindert durch die Scheidewand, so lange bis eine gleichmässige Mischung der Lösung mit dem umspülenden Wasser hergestellt ist. Je schwerer das Salz durch die Scheidewand tritt, desto mehr Wasser wird für ein bestimmtes Salzgewicht in die Diffusionsröhre treten.

Dass überhaupt dem Hindurchtritt von Lösungen durch Scheidewände Widerstände entgegen stehen, geht schon daraus hervor, dass die Diffusionsgeschwindigkeit, die Geschwindigkeit mit welcher zwei Lösungen ihre Bestandtheile vollkommen ausgleichen, eine weit geringere ist, wenn die Flüssigkeiten durch Scheidewände getrennt sind, als wenn sie frei in einander diffundiren. Diese Widerstände wachsen mit der Dicke der trennenden Scheidewand d. h. mit der Länge der die Scheidewand durchsetzenden Poren.

Aber nicht allein die Reibung in den verschieden langen und engen Poren ist als Widerstand aufzufassen. Sicher existiren auch Verschiedenheiten in der Anziehung, welche verschiedene Flüssigkeiten von den Bestandtheilen der Scheidewand erfahren. Für Wasser ist diese Anziehung von organischen Stoffen

aus sehr deutlich. Alle trockenen thierischen Stoffe z. B. ziehen begierig aus der Atmosphäre dunstförmiges Wasser an und verdichten es in sich, alle sind stark hygroskopisch. Das imbibirte Wasser scheint analog dem Wasser in Lösungen erst bei einem höheren Wärmegrade zu sieden als im freien Zustande. Auch die experimentelle Beobachtung (Ludwig), dass der Procentgehalt der imbibirten Salzlösungen innerhalb der Poren imbibirter Stoffe ein verschiedener sei, spricht für eine Anziehung der thierischen Stoffe gegen Wasser. In der Nähe der Molecüle der imbibirenden Stoffe ist der Gehalt der wässrigen Lösung an Salz ein geringerer als in weiterer Entfernung in der Mitte der Poren. Offenbar wird durch die Verwandtschaft der thierischen Stoffe zu dem eingedrungenen Wasser die Fähigkeit desselben, Salze zu lösen, beeinträchtigt.

Die Anziehung der thierischen Stoffe für verschiedene gelöste Stoffe ist, wie die Theorie verlangt, eine verschiedene. Legen wir einen quellungsfähigen thierischen Stoff in eine Flüssigkeit, so nimmt er davon keine beliebige sondern eine bestimmte Menge auf; lassen wir ihn noch länger in der Flüssigkeit liegen, so findet keine weitere Aufnahme statt. Diese aufnehmbare Menge der Flüssigkeit nennt man Quellungsmaximum. Es ist verschieden für die einzelnen Thierstoffe nach der Natur der Flüssigkeit. Ein thierischer Stoff nimmt von Oel, Alkohol, Wasser, Salzlösungen von verschiedener Concentration etc. je ein verschiedenes Maximum auf; ebenso dringen in verschiedene Stoffe die Flüssigkeiten in verschiedenen Mengen ein. Derselbe thierische Stoff z. B. Muskelgewebe nimmt je nach der Intensität seiner Lebenseigenschaften mehr oder weniger Wasser in sich auf. (J. Ranke).

Es leuchtet aus dem Bishergesagten ein, eine wie ausserordentlich wichtige Rolle den Diffusionserscheinungen in dem thierischen Organismus anvertraut ist. Der überwiegend grösste Theil aller thierischen Stoffe bleibt während der ganzen Dauer des Lebens in gequollenem Zustande; alle die Häute und Membranen, die wir im Thierleibe antreffen, sind mit wässerigen Salzlösungen imbibirt und gestatten darum wässerigen Lösungen den Durchtritt, indem sie ebenso allen mit Wasser nicht mischbaren Flüssigkeiten z. B. den Oelen und Fetten das Eindringen in ihre Poren verwehren so lange, bis diese in einen mit Wasser mischbaren Zustand übergeführt wurden (siehe Fettverdauung). Die Aufnahme der gelösten Nahrungsstoffe aus dem Darme in die allgemeine Säftemasse; die Ausscheidungen in den Drüsen aus dem Blute beruhen im Wesentlichen auf Diffusionsvorgängen. Die Erfahrungen über das verschiedene endosmotische Aequivalent der Lösungen; die Beobachtung über das verschiedene Verhalten verschiedener Membranen gegen den Durchtritt von Flüssigkeiten; das verschiedene Imbibitionsvermögen thierischer Stoffe für verschiedene Lösungen: geben uns Fingerzeige für die Erklärung des Zustandekommens der Drüsenausscheidungen aus dem Blute, wo wir bald diesen bald jenen gelösten Stoff austreten sehen, ohne eine andere Vorrichtung als die Verwendung verschiedener quellungsfähiger Membranen. Das Vorkommen bestimmter anorganischer Salze in den einzelnen Zellen, in denen wir hierin eine so bedeutende Verschiedenheit wahrnehmen, beruht vielleicht auf den Verschiedenheiten, welche die einzelnen thierischen Stoffe in der Aufnahme von Flüssigkeiten und Lösungen erkennen lassen. Das Wandern von Flüssigkeiten aus einer Zelle in die andere beruht hauptsächlich auf den Unterschieden, die

in ihnen in Beziehung auf die Concentration ihrer Zellflüssigkeiten an leichtdiffundirbaren Stoffen bestehen. —

Trotz der bedeutungsvollen Lichtblicke, welche uns die Beobachtungen über Diffusion in die Lebensvorgänge der thierischen Zelle, des thierischen Organismus gestatten, bleibt doch das Meiste auch nach dieser Richtung noch in Dunkel gehüllt. Die einfachen Verhältnisse, welche bis jetzt bei Diffusionsversuchen betrachtet werden, entsprechen noch wenig den complexen Vorkommnissen im Organismus. Die Verschiedenheiten in den Anziehungsverhältnissen der thierischen Membranen für verschiedene Stoffe, die bisher beobachtet sind, geben nur sehr oberflächliche Analogien für die mannichfachen Unterschiede in diesem Sinne, die im Organismus vorhanden sein müssen. Die Beobachtungen dass sich die thierischen Stoffe je nach ihren Lebenseigenschaften verschieden verhalten in Beziehung auf die Diffusionsverhältnisse, sodass z. B. der geruhte lebende Muskel ein ganz anderes Imbibitionsmaximum zeigt als der angestrengt gewesene und der abgestorbene wieder ein anderes, beweisen, wie wenig wir noch über die wirklich eintretenden Verhältnisse im Organismus wissen, auch nachdem wir im Allgemeinen das Gesetz kennen, nach welchem die Vorgänge stattfinden. Offenbar werden die Diffusionsvorgänge in den einzelnen Zellen je nach den in ihnen enthaltenen Stoffen sehr wesentlich modificirt. In dem Muskel scheint es vor allem die auftretende sauere Reaction seines Saftes zu sein, die Milchsäure und das sauere phosphorsauere Kali, welche verändernd in dieser Richtung wirken. Anderen Stoffen in anderen Zellen müssen wir eine analoge Einwirkung zuschreiben (siehe Harnausscheidung).

Offenbar mischen sich noch ausserdem im lebenden Organismus mit den Diffusionserscheinungen Filtrationsvorgänge, welche theils in Folge eines positiven, theils eines negativen oder Saugdruckes eintreten. Die Spannung der elastischen Zellmembranen muss ebensogut einen Druck auf ihren Inhalt ausüben wie die Spannung im Blutgefässsysteme; der Saugdruck, welcher in den Wurzeln der Lymphgefässe bei der Contraction der Darmzotten eintritt, wird das Diffusionsbestreben der im Darm enthaltenen Flüssigkeiten in die Darmzotten und Membranen unterstützen müssen.

Offenbar kommt zu diesen Complicationen der Diffusionsvorgänge noch der verschiedene Bau der thierischen Membranen hinzu, in Folge dessen der Durchtritt den Flüssigkeiten nur nach bestimmten Richtungen gestattet ist. Nach den genannten Beobachtungen von Matteucci und Cima soll das endosmotische Aequivalent für dieselben Membranen wechseln, je nachdem man die eine oder die andere Seite dem Wasser oder der Salzlösung gegenüber setzt. Filtrirt man durch eine lebende, frische Darmschleimhaut Flüssigkeiten, welche die Darmschleimhaut nicht angreifen (1% Kochsalzlösung) so geht die Flüssigkeit von der Aussenseite des Darmes zur Epithelseite leicht hindurch, nicht aber in umgekehrter Richtung, wo die lebenden Epithelien den Durchtritt hindern, schabt man sie ab, oder lässt man den Darm absterben so filtrirt er nun nach beiden Seiten (J. Ranke). H. Meckel hat zuerst an dem Schalenhäutchen der Eier, welches mikroskopische Poren besitzt, entdeckt, dass es nur nach einer Richtung den Flüssigkeiten den Durchtritt gestattet. Die Flüssigkeiten gehen leicht hindurch, wenn sie von der Schalen- zur Eiweissseite hin

gepresst werden, gar nicht in umgekehrter Richtung. Es müssen Vorrichtungen vorhanden sein, welche ventilartig die Poren in dieser letzteren Richtung abschliessen. Wie mannichfach mögen analoge Einrichtungen in anderen thierischen Membranen sich finden. Vielleicht zeigt jede Zellenmembran ein analoges Verhalten, so dass den austretenden Stoffe anderen Widerstände als den eintretenden entgegenstehen. Wir müssen dazu einen ganz bestimmten Bau der Zellenmembran annehmen, welche unsere jetzigen optischen Hülfsmittel homogen erscheinen lassen, mit Ausnahme jener Porencanälchen, welche die Verdickungsschicht der Cylinderzellen des Darmepithels zu besitzen scheinen.

Aus Allem geht hervor, dass wir auch in Beziehung auf Hydrodiffusion, deren Gesetze so einfacher Natur sind, die unendliche Mannichfaltigkeit, in der sie sich im concreten Falle im thierischen Organismus bethätigen, kaum zu ahnen vermögen. Doch sind auch schon die allgemeinen Einblicke in die Stoffbewegung aus der Zelle heraus und in sie hinein, wie wir sie aus den bisher gemachten Erfahrungen über Diffusion erhalten, von grossem Werthe.

Wir sehen, dass Flüssigkeitsbewegung von einer Zelle in die andere stattfinden aus Ursachen, die nicht der Willkür des Organismus unterworfen sind. Ueberall dahin, wo sich eine Differenz in der Concentration einer Zellenflüssigkeit an irgend einem Stoffe mit allen oder einer anderen Zelle zeigt, wird ein Säftestrom gerichtet werden, der die entstandenen Ungleichartigkeiten in Bälde wieder auszugleichen vermag. So wird die Diffusion zu dem Hauptfactor, welcher die normale chemische Zellenconstitution aufrecht erhält. Es kann in keiner Zelle sich abnormer Weise ein Stoff anhäufen, ohne dass er sogleich durch gesteigerte Diffusion zwischen der betreffenden und den nachbarlichen Zellen ausgewaschen würde. Das gesteigerte Imbibitionsvermögen der Muskelsubstanz nach der Arbeitsleistung des Muskels giebt uns schöne Aufschlüsse, wie trotz der anorganischen Gesetzmässigkeit, mit welcher die Diffusionsvorgänge eintreten, sie doch genau dem Bedürfniss des einzelnen Organes Rechnung tragen. Der lebende, geruhte Muskel hat nur ein geringes Imbibitionsvermögen, er leistet dem Eindringen des Wassers einen bedeutenden Widerstand, die Poren des Sarkolemma's sind von aussen nach innen ventilartig verschlossen; hat der Muskel gearbeitet, so zeigt er plötzlich ein grösseres Imbibitionsbestreben. Die Poren des Sarkolemma's sind für das eindringende Wasser geöffnet, die Diffusionsströme in den Muskel hinein nehmen bedeutend an Stärke zu. Es scheint dass dieses Verhalten aus zwei Ursachen entspringt. Es scheint ein wahrer mechanischer Verschluss der Poren aufgehoben zu sein und gleichzeitig zieht die gesteigerte Concentration der Muskelflüssigkeit nach ihrer Arbeitsleistung an leicht diffundirbaren Stoffen nach den ausgeführten Gesetzen eine grössere Flüssigkeitsmasse herbei, die sich mit dem Muskelzellinhalt ins Gleichgewicht der Concentration zu setzen bestrebt ist. Durch diese gesteigerte Diffusion, welche ebenso wie am ausgeschnittenen, in eine Flüssigkeit gelegten Muskel auch in dem Muskel, welcher noch in seiner normalen Verbindung im Organismus sich befindet, nach directen Experimenten stattfindet, (J. Ranke), werden die Zersetzungsproducte der Muskelsubstanz welche sich während der Muskelthätigkeit anhäuften und das normale chemische Verhalten der Muskelflüssigkeit störten — den Muskel ermüdeten — ausgewaschen. Die Muskelzellen erhalten dann ihre normale Lebensenergie zurück, sie pressen das

überschüssig aufgenommene Wasser activ wieder aus sich heraus und es stellt sich der ventilartige Porenverschluss wieder her, der das Eindringen von Flüssigkeiten in das Innere der Muskelzellen, der Sarkolemmaschläuche hindert.

Wir sehen, dass gerade dann, wenn das Organ, die Zelle einen grösseren Säftezufluss bedarf, um einen anormalen chemischen Zustand auszugleichen, auch durch diesen anormalen chemischen Zustand selbst — die Anhäufung irgend eines schädlichen, leicht diffundirbaren Stoffes — der Säftestrom in stärkerem Grade nach der bedürftigen Zelle hingelenkt wird.

Wir haben gesehen, dass die Thätigkeit der Zelle stets mit Anhäufung von chemischen Zersetzungsstoffen, die ein starkes Diffusionsbestreben besitzen, verknüpft ist. Es wird uns daraus verständlich, wie sich im Organismus stets nach der Seite der thätigen Organe und Zellen der Diffusionsstrom in gesteigertem Masse hinwendet. Mit der gesteigerten Flüssigkeitszufuhr, welche die Zelle wäscht, wird ihr auch Ersatz für ihre durch Zersetzung verloren gegangenen Bestandtheile geliefert.

Gasdiffusion im Organismus.

Durch den Lebensprocess der Zelle werden ausser den bisher besprochenen diffundirbaren Stoffen auch gas- und dampfförmige Körper: Kohlensäure und Wasserdampf, Kohlenwasserstoff, Wasserstoff etc. gebildet. Die Kohlensäure ist ein starkes Gift für den thierischen Organismus, unter dessen Einwirkung, wenn es sich in grösserer Menge anhäuft, er unfehlbar zu Grunde geht. Wir sehen daher die Kohlensäure beständig aus dem thierischen Organismus gasförmig ausgeschieden, ausgeathmet.

Der Ausscheidungsmodus der genannten Gase findet nach den Gesetzen der Gasdiffusion statt.

Ebenso wie wir die meisten tropfbarflüssigen Körper sich gegenseitig haben durchdringen sehen, so tritt auch bei unmittelbarer Berührung der Gase untereinander eine vollkommene Mischung ein, ohne dass dabei eine mechanische Erschütterung als Mischungsursache in's Spiel käme. Bringen wir in einen Raum, welcher schon von einem Gase z. B. Sauerstoff erfüllt ist, noch ein anderes Gas z. B. Stickstoff, so verbreitet sich das letztere in dem schon von dem ersteren eingenommenen Raume ebenso vollkommen, als wenn kein gasförmiger Stoff in ihm enthalten wäre.

Diese Erscheinungen der Gasdiffusion haben ihren Grund darin, dass die Molecüle des Gases wie aller Körper sich nicht gegenseitig vollkommen berühren, so dass noch Lücken, Poren zwischen den einzelnen frei bleiben, in welche ein anderes Gas ungehindert einströmen kann. Dazu kommt noch als weitere Ursache der Mischung das bekannte Abstossungsbestreben der Gasmolecüle desselben Gases gegen einander, welche die einzelnen Theilchen möglichst weit aus einander weichen lässt, das Repulsivbestreben der gleichartigen Gasmolecüle gegeneinander, welches ihnen von der Wärme, der Ursache des gasförmigen Zustandes, eingeprägt wurde. Auf diesem Repulsivbestreben beruht die Eigenschaft aller Gase, einen gegebenen Raum vollkommen gleichmässig zu erfüllen. Dieses gleichmässige Erfüllen eines gegebenen Raumes findet nun

auch dann noch statt, wenn der Raum, wie gesagt, schon von einem anderen Gase erfüllt scheint. Die verschiedenen, nicht chemisch auf einander wirkenden Gase verhalten sich in dieser Beziehung so gegeneinander, als wären sie gar nicht vorhanden; ein Raum, welcher von einem indifferenten Gase erfüllt ist, verhält sich für ein anderes, als wäre er vollkommen leer.

Mag die Menge des einen Gases in dem gegebenen Raume so gross sein, wie sie will, oder, wie man zu sagen pflegt, mag der Gasdruck für das eine Gas eine beliebige Höhe besitzen, so wird ein anderes Gas sich doch in dem Raume noch ebenso verbreiten, als wenn er vollkommen leer wäre. Der Druck welchen das eine Gas erfährt, pflanzt sich nicht auf das andere fort. Unsere Luft ist aus Sauerstoff, Stickstoff zusammengesetzt, gemischt. Die durch die Athmung der thierischen Organismen zugeführte Kohlensäure verbreitet sich vollkommen in ihr, sodass sie überall in gleichem, sehr geringen Procentverhältniss gefunden wird, wo nicht durch locale Production eine momentane Anhäufung stattfindet, die sich jedoch möglichst rasch auszugleichen bestrebt ist. Der Gasdruck, den der Sauerstoff erleidet, der Sauerstoffdruck ist ein weit grösserer, der Sauerstoff ist in weit bedeutenderer Menge in der Atmosphäre, die wir uns als einen geschlossenen Raum vorstellen, vorhanden als die Kohlensäure; die Kohlensäure steht also unter einem geringeren Druck ihrer eigenen Masse: der Kohlensäuredruck ist, entsprechend der geringeren Menge Kohlensäure in der Atmosphäre geringer als der Sauerstoffdruck. Alle Gase streben danach, in der ganzen Atmosphäre unter dem gleichen Druck zu stehen, überall also wo momentan eine zufällige Anhäufung eines Gases stattfindet, tritt das Diffusionsbestreben in Wirksamkeit, welches nach längerer oder kürzerer Zeit zu einer völligen Ausgleichung des Druckes des betreffenden Gases, zu einer gleichmässigen Mischung desselben mit den übrigen Gasen führt. —

Gerade so wie Gasarten in Räume einströmen, die scheinbar schon von einem anderen Gase eingenommen sind, so strömen sie auch in Flüssigkeiten ein, ohne dass dazu eine eigentliche chemische Verwandtschaft zwischen Gas und Flüssigkeit erforderlich wäre. Sie füllen die Atominterstitien aus in den Flüssigkeiten gerade sogut, wie in den Gasen selbst, und behalten dabei offenbar ihren gasförmigen Aggregatzustand bei. Ebenso wie ausserhalb so üben auch innerhalb der Flüssigkeiten die Gase keinen Druck aufeinander aus, sodass in dieselbe Flüssigkeit eine beliebige Anzahl von Gasen gleichzeitig einströmen kann.

Wenn zu diesem Eindringen der Gase in Flüssigkeiten auch keine eigentliche chemische Verwandtschaft gehört, so ist dabei doch eine gewisse Attraction der Flüssigkeits- zu den Gasmolecülen unverkennbar. Wir treffen bei der Lösung der Gase in Flüssigkeiten analoge Gesetze wie wir sie bei der Lösung fester Körper in Flüssigkeiten gefunden haben. Jede Flüssigkeit absorbirt oder löst von einem bestimmten Gase nur ein bestimmtes Volumen; die Volumina, welche eine Flüssigkeit von verschiedenen Gasen zu absorbiren vermag, sind sehr verschieden; und zwar sehen wir das absorbirte Gasvolumen wechseln je nach der Temperatur des Lösungsmittels. Während bei der Lösung der festen Stoffe die gelöste Menge gewöhnlich steigt mit der Temperatur des Lösungsmittels, sehen wir bei den Gasen den umgekehrten Fall: mit der steigenden Temperatur wird die Absorptionsfähigkeit fast immer geringer, eine Ausnahme

bildet wie es scheint nur der Wasserstoff. Bei einer Temperatur von 100° C. ist z. B. das Wasser nicht mehr im Stande, Gase in sich zu halten, sein Absorptionsvermögen ist dann = 0.

Man bezeichnet als »Absorptionscoëfficient« diejenige Menge von Gas, welche eine Flüssigkeit, die frei mit dem zu absorbirenden Gas communicirt, aufzunehmen vermag. Die Absorptionscoëfficienten sind, wie gesagt, für jede Flüssigkeit und jedes Gas und für jede Temperatur verschieden. Nach den Beobachtungen von Bunsen absorbirt eine Volumeinheit Wasser bei verschiedenen Temperaturen Kohlensäure, Stickstoff und Sauerstoffgas in folgenden Mengen:

Gasart:	Temperatur:	Aufgenommenes Volumen:
Kohlensäure	0°	1,7967
	20°	0,9046
Kohlenoxyd	0°	0,032874
Stickgas	0°	0,02034
	20°	0,01401
Sauerstoff	0°	0,04114
	20°	0,02838
Wasserstoff	0°	0,0193 ebensoviel bei höheren Graden.

Der Absorptionscoëfficient ist von dem Drucke des Gases unabhängig. Unter jedem Drucke nimmt dieselbe Flüssigkeit das gleiche Gasvolumen auf. Nach dem bekannten Mariotte'schen Gesetze steigt die Dichtigkeit — das specifische Gewicht — der Gase direct mit dem auf ihnen lastenden Druck; daraus folgt nach dem oben mitgetheilten Absorptionsgesetz, dass die aufgenommenen Gasgewichte direct mit dem Druck, unter welchem die Absorption geschieht, wachsen. Die aufgenommenen Gasvolumina bleiben sich unter jedem Drucke gleich, doch wiegt bei höherem Druck das gleiche Volumen entsprechend mehr als bei weniger hohem.

Da die absorbirten Gase in dem Wasser noch als Gase enthalten sind, so verlieren sie auch nichts von ihrem Diffusionsbestreben. Bringen wir eine mit Gas gesättigte Flüssigkeit z. B. Wasser mit Kohlensäure gesättigt in einen geschlossenen Raum, der mit einer anderen Gasart z. B. Wasserstoff gefüllt ist, so diffundirt die Kohlensäure ebenso in den vom Wasserstoff eingenommenen Raum, als hätte man sie frei hereingebracht. Es wird so lange Kohlensäure aus dem Wasser weggehen bis ausserhalb und innerhalb der Flüssigkeit die Kohlensäure den gleichen Druck — Kohlensäuredruck — besitzt. Dafür wird aber auch Wasserstoff in das Wasser hineindringen bis auch er das Druckgleichgewicht — des Wasserstoffdruckes — ausserhalb und innerhalb der Flüssigkeit erreicht hat.

Das Entweichen eines absorbirten Gases geschieht also blos dann, wenn die Spannung dieses Gases also z. B. der Kohlensäure in dem über der Flüssigkeit befindlichen Raum vermindert wird; oder wenn die Flüssigkeit, welche bei einem bestimmten Gasdruck — Kohlensäuredruck z. B. — sich gesättigt hatte, plötzlich in einen Raum gebracht wird, in welchem gar Nichts oder weniger von dem absorbirten Gas enthalten ist, in dem also das absorbirte Gas

unter gar keinem oder doch unter einem geringeren Drucke steht, als der war, unter welchem die Absorption stattfand.

In dem thierischen Organismus, in der Zelle kommen die Gasdiffusionserscheinungen nicht in der Weise zur Wirksamkeit, wie wir sie bisher betrachtet haben, sodass die Flüssigkeit direct mit dem Gas diffundirte; in der Zelle, in dem thierischen Organismus findet der Gasverkehr stets durch Scheidewände hindurch statt, durch Zellenmembranen, Wände der Capillargefässe. Diese organischen, mit Flüssigkeit getränkten Scheidewände verändern jedoch den Gasstrom vom Gas in die Flüssigkeit und umgekehrt nicht, sie bieten ihm sogar keinen merklichen Widerstand dar, sodass wir dieselben Erscheinungen der Diffusion und Absorption im Organismus antreffen, wie wir ihnen auch ausserhalb desselben begegnen.

Betrachten wir die Verhältnisse für den speciellen Fall des Organismus, der Zelle. Denken wir uns den thierischen Organismus wie die Zelle von einer feuchten, zarten, Gase leicht durchlassenden Haut umgeben, wie es in der Lunge wirklich der Fall ist, wo der Gasverkehr bei den grösseren Organismen sich vorzüglich findet. Die animalen Flüssigkeiten communiciren also direct mit den Gasen der Atmosphäre. Diese ist zusammengesetzt aus 21 Volumprocenten Sauerstoff und 79 Volumprocenten Stickstoff und aus Spuren von Kohlensäure.

Denken wir uns die fragliche Flüssigkeit zunächst gasfrei, so werden die beiden Hauptbestandtheile der Atmosphäre je nach ihrem Absorptionscoëfficienten und dem Druck unter dem sie stehen in dieselbe eindringen. Der Sauerstoffdruck verhält sich zum Stickstoffdruck wie 21 : 79, das Verhältniss, in welchem die Gase in der Luft gemischt sind. Es wird demnach nach den Absorptionsgesetzen a l l e i n weniger Sauerstoff in die Flüssigkeit eindringen als Stickstoff, doch in einem anderen Verhältniss als sich die beiden Gase in der Luft befinden. Nehmen wir das Absorptionsvermögen der thierischen Flüssigkeit gleich der des Wassers für die beiden Gase an, was sich von der Wahrheit wenig entfernt, so würde sich, da der Absorptionscoëfficient des Sauerstoffs beinahe doppelt so gross ist als der des Stickstoffs, der Sauerstoffgehalt zu dem Stickstoffgehalt in der Flüssigkeit sich verhalten wie 34,91 : 65,09.

Das angegebene Verhältniss der beiden Gase findet sich in dem mit der Atmosphäre frei communicirenden Wasser, sodass demnach die Wasserthiere eine relativ an Sauerstoff reichere Luft athmen als die Luftthiere.

Von der Kohlensäure der Atmosphäre könnte unter normalen Umständen in die Zellenflüssigkeit nur entsprechend der minimalen in der Luft enthaltenen Menge aufgenommen werden. Wir haben die Zellenflüssigkeit sowie das Blut jedoch als einen Herd der Kohlensäureproduction erkannt; die in der Zellenflüssigkeit verbrannten kohlenstoffhaltigen Substanzen häufen primär ihre gebildete Kohlensäure in dieser auf. So ist also unter normalen Verhältnissen die Kohlensäurespannung — entsprechend der Kohlensäuremenge — in der Zelle höher als ausserhalb derselben. Es wird desshalb keine Kohlensäure aus der Luft in die Flüssigkeit aufgenommen werden können, sondern es wird vielmehr die Kohlensäure aus dieser abdiffundiren, um sich mit der Kohlensäure der Luft in das Gleichgewicht der Spannung zu setzen, um sich mit dieser gleichmässig zu mischen. Das Gleiche ist mit dem Wasserdampfe der Fall.

So zerfällt demnach der Gasverkehr des Organismus mit der Atmosphäre in zwei Theile:

1) es nimmt der Organismus aus der Luft auf: Sauerstoff und Stickstoff;
2) und scheidet dafür aus: Kohlensäure und Wasserdampf.

Doch sind nur die Aufnahme des Stickstoffs und die Abgabe von Wasserdampf ganz, die Abgabe der Kohlensäure — die sich manchmal, wenn die Atmosphäre mehr Kohlensäure als die betreffende thierische Flüssigkeit enthält, in eine Kohlensäureaufnahme, an der der Organismus rasch zu Grunde geht, verwandeln kann — zum Theile reine Gasdiffusionsvorgänge. Die Aufnahme des Sauerstoffs geschieht nur zu einem verschwindend kleinen Antheil aus diesem Grunde, die grösste Menge des aufgenommenen Sauerstoffs wird durch eine eigenthümliche Attraction chemischer Stoffe in den thierischen Flüssigkeiten, unter denen vor allem der normale eiweissartige Farbestoff der Blutkörperchen zu nennen ist, herbeigezogen. Es ist schon angegeben, dass er dabei zugleich in activen Sauerstoff, in Ozon übergeführt wird.

Die aufgenommene Sauerstoffmenge ist danach von den Absorptionsgesetzen unabhängig und ist weit grösser in thierischen Flüssigkeiten, welche Sauerstoff-anziehende Substanzen (z. B. Blutkörperchen) enthalten, als er ohne diese sein würde.

Auch die Ausscheidung der Kohlensäure erfolgt nicht ganz allein nach den Gesetzen der Diffusion der Gase. Es betheiligen sich an diesem Vorgange ebenfalls chemische Einflüsse (in der Lunge) doch in einem mehr untergeordneten Grade.

Wechselwirkung der Kräfte im Organismus.

Wir haben das Leben der Zelle als eine Function sehr complicirter Art dreier wesentlich verschiedener Grössen kennen gelernt.

Die Form der Zelle,
ihre chemische Mischung,
die physikalischen Eigenschaften ihrer Stoffe

sind die drei Factoren, aus denen das specifische Zellenleben hervorgeht.

Die Wissenschaft ist noch weit davon entfernt, den mathematischen Ausdruck für diese Function aufstellen zu können.

Im letzten Grunde ist das Problem des Zellenlebens, wie des Lebens überhaupt ein Problem der analytischen Mechanik.

Für jetzt sind kaum die ersten Vorarbeiten geliefert zu einer Mechanik der Zelle, welche die einfachen Gesetze construiren muss für das Leben des Organismus in analoger Weise, wie es gelungen ist, das Leben des Kosmos als eine Mechanik des Himmels darzustellen.

Vielleicht ist die Aufgabe hier kaum schwieriger als sie dort gewesen ist. Die Mannichfaltigkeit der Beziehungen ist vielleicht in beiden Gebieten nicht wesentlich verschieden. Jene Mannichfaltigkeit entwirrt sich nach einem Gesetze dessen Einfachheit nicht grösser gedacht werden könnte. Die Physiologie harrt noch ihres Keppler und Newton, der das einfache Gesetz des Lebens

in den in unmittelbarer Berührung wirkenden Kräften der Anziehung und Abstossung der Molecüle erkennt.

Für jetzt sind die Beziehungen, die wir in der Zelle, im Organismus thätig sehen, für unser Auffassungsvermögen noch sehr complexer Natur, nur selten gelingt es, sie vollkommen zu erfassen.

Versuchen wir es die Einflüsse der Zellenform auf das Zellenleben darzustellen.

Wo an einer bestimmten, umgrenzten Stelle durch die Zellenthätigkeit eine organische Leistung hervorgebracht werden soll, wo es gilt an einem bestimmten Ort chemische Lebenswirkungen zu entfalten: Stoffe zu lösen, chemisch zu verändern, um sie für die Zwecke des Organismus verwendbar zu machen, oder unbrauchbar gewordene Substanzen local zu entfernen (wie in den Drüsen) dort sehen wir die mit einer rings geschlossenen Membran umgebene, rundliche Zelle in Thätigkeit.

Wo die Lebensthätigkeit der Zelle nicht direct auf den Ort, welchen sie einnimmt, beschränkt bleiben soll; wo Wirkungen auf weit abgelegene Organe von einem Centrum aus nothwendig werden, genügt die rundliche, abgeschlossene Zellenform nicht. Für die Lebensfunctionen des Nervensystemes sehen wir die Zellengestalt zu den eigenthümlichen Nervenzellen verändert, die selbst mikroskopisch klein, wie alle Zellen, ihre Verbindungsfäden, die Nervenfasern, von mikroskopischer Feinheit aber makroskopischer Länge nach den verschiedenen Richtungen aussenden, die verschiedenen Organe mit sich und unter einander verbinden und dadurch jenes Wundernetz herstellen, in dessen Bahnen die höchsten thierischen Functionen der Empfindung und Bewegung vermittelt werden.

Die mechanischen Kraftleistungen der Zellen beruhen auf Gestaltveränderungen ihres Inhaltes, denen die elastische Zellenmembran sich anschmiegt. Vielmehr Zellen, als man bisher geglaubt hatte, zeigen das Vermögen der activen Gestaltveränderung, es scheint, dass man dieses als eine allgemeine Eigenschaft der Zellen betrachten muss. Aber nur bei denjenigen Zellen wird dieses Vermögen der Contraction zu einem Grunde für eine bedeutendere Gestaltveränderung der Gewebe oder gar zur Ursache der Ortsbewegung des gesammten Organismus, bei denen die Gestalt eine solche ist, dass durch ihre Veränderung nach irgend einer Richtung bedeutendere Effecte erzielt werden.

Die Gestalt der Muskelzellen steht mit ihrer Lebensaufgabe in einem klaren Zusammenhang. Die langgestreckte, bandähnliche Form, die durch die Contraction in eine kugelige verändert wird, ist sicher am besten geeignet, Zug- und Druckwirkungen in weiterer Ausdehnung zu entfalten. Dadurch, das Muskelzellen sich der Länge nach reihenweise aneinander schliessen, bewirkt die gleichzeitige Contraction der an sich mikroskopischen Gebilde einen makroskopisch-sichtbaren Effect. Bei den quergestreiften Muskelfasern, wo die trennenden Scheidewände zwischen den aneinander angelagerten Zellen schwinden, wird aus der Zelle jener lange, fadenähnliche Körper, der Muskelprimitivcylinder, der die Ortsbewegungen des Gesammtkörpers vermittelt.

Leicht liessen sich noch eine Reihe solcher Formbeziehungen zu den Lebensvorgängen in den Zellen auffinden.

Noch mannichfaltiger sind die der Beziehungen chemischen Mischung auf das Zellenleben.

Primär scheint die chemische Zusammensetzung in allen aus der Eifurchung hervorgegangenen Zellen die gleiche zu sein. Erst dadurch, dass der entstehende Organismus seine gleichartigen Bausteine zu verschiedenen Zwecken benützt, indem er von den einen mechanische Leistungen bei der Herzcontraction verlangt, von den anderen nur Fortpflanzung und Secretion, die allgemeinen Zellenthätigkeiten, wird ein Gegensatz in den chemischen Verhältnissen der verschiedenen Zellen gesetzt. Je nach ihren Leistungen sahen wir ja andere Oxydationsproducte in den Zellen auftreten.

Die Producte der Zellenoxydation sehen wir nun die wichtigsten Einflüsse auf das Zellenleben äussern. Sie wirken ähnlich wie die schon oben besprochenen anorganischen Bestandtheile der Zelle. Sie verändern die Reaction des Zellensaftes, sie machen ihn alkalisch, sauer oder neutral und geben so Veranlassung, dass dieselben chemischen und physikalischen Agentien nun in den verschiedenen Zellen vollkommen verschiedene Wirkungen entfalten. Die Gährungserscheinungen, die einen ganz verschiedenen Verlauf nehmen je nach der Reaction der Flüssigkeit, in der sie statthaben, die sich dadurch nicht nur in ihrer Intensität sondern auch in ihrer Qualität verändern, können am besten als Beispiel dienen, um sich die in den Zellen obwaltenden Verhältnisse zu veranschaulichen. Aber auch in anderen Beziehungen werden dadurch individuelle Verschiedenheiten in dem Zelleninhalte gesetzt. Die Lebensthätigkeiten der Muskelzelle stehen in einem umgekehrten Verhältnisse zu der Menge der in ihr enthaltenen Milchsäure, die wir als ein Zersetzungsproduct derselben kennen gelernt haben. Die Kohlensäure, das allgemeinste Product der Oxydation lähmt, wenn sie sich in einer grösseren Menge ansammelt, die Thätigkeiten der Nervenzellen und setzt die Intensität der Lebensvorgänge auch in den Muskelzellen herab. Der Harnstoff, welcher sonst für alle Zellen ein vollkommen indifferenter Stoff ist, wirkt nur auf eine ganz kleine Gruppe von Nervenzellen im Gehirn, welche die Uebertragung sensibler Reize auf die Muskeln (Reflexe) hemmen, und zwar in der Art, dass keine solche Uebertragung mehr statt finden kann (J. Ranke).

Diese und ähnliche Beobachtungen geben uns den Beweis dafür, dass die Lebenseigenschaften der Zellen directe Functionen ihrer chemischen Zusammensetzung sind. So wie sich die chemische Mischung des Zellensaftes in wesentlicher Weise ändert, sehen wir auch die Intensität der Lebenseigenschaften der Zelle sich ändern.

Eine äusserst wichtige Beobachtung, welche uns Fingerzeige für die Beurtheilung mancher normaler und krankhafter Lebensvorgänge giebt, ist die, dass die Zellen verschiedenen Stoffen gegenüber sehr verschieden reagiren. Einzelne Stoffe sind für alle Zellen wie es scheint indifferent, wie der Zucker und die Natronsalze, andere Stoffe äussern nur auf ganz local beschränkte Zellengruppen eine Wirkung während alle anderen Zellen durch ihre Anwesenheit nicht alterirt werden. Als ein Beispiel dafür kann der schon angeführte Harnstoff mit seiner Wirkung auf das Reflexhemmungscentrum im Gehirn gelten. Ihm schliesst sich die Hippursäure als gleich wirkend an. Die Gallensäuren,

die mit Natron verbunden in so grosser Menge in der Leber gebildet werden, ohne dort die Zellenfunctionen zu beeinträchtigen, lähmen den Muskel und das Nervensystem, wenn sie wie bei Icterus (Gelbsucht) in das Blut und von diesem aus an die genannten Organe gelangen.

Bei manchen Stoffen ist die Wirkung in der einen Zelle mit einer Verminderung der Lebensenergie, in der anderen mit einer Erhöhung derselben verknüpft: So bei der Milchsäure und allen organischen und unorganischen Säuren, die im Organismus frei vorkommen. Sie setzen die Leistungsfähigkeit des Muskels herab, ermüden ihn und machen ihn durch ihre Anwesenheit endlich vollkommen unfähig, sich zu contrahiren und damit Arbeit zu leisten, während sie gleichzeitig die Erregbarkeit des Nervensystemes erhöhen.

Der Zusammenhang der Lebenseigenschaften der Zelle mit ihrer chemischen Zusammensetzung geht aus diesen Beobachtungen mit aller Sicherheit hervor; freilich ist mit ihnen erst der Weg gezeigt, auf welchem die Forschung zu ihrem endlichen Ziele fortzuschreiten hat.

Die Flimmerbewegung verdient hier noch eine genauere Betrachtung, weil es dieselben Agentien sind, welche die Contractionserscheinungen am Protoplasma aller Zellen hervorrufen, stärken oder verrichten, welche wir auch bei ihr mit dem gleichen Effect thätig sehen. Caliburces hat die Beschleunigung der Cilienbewegung durch gesteigerte Wärme entdeckt, Kistiakowsky behauptet das Gleiche für constante und Inductionsströme, eine grosse Reihe von Agentien sind schon lange bekannt, welche die Flimmerbewegung aufheben: destillirtes Wasser, concentrirte Salz-, Säure- und Alkalienlösungen, Aether etc.

In letzter Zeit hat W. Kühne gezeigt, dass dazu Sauerstoffmangel allein hinreicht. Reines Wasserstoffgas längere Zeit über die Flimmerzellen bei Abschluss der Luft geleitet, hebt die Bewegung der Cilien auf, die durch eine einzige Luft- (= Sauerstoff-) Blase, die man in den Apparat treten lässt, wieder hergestellt werden kann. Die Cilien liegen, wenn sie unbeweglich sind, stets gestreckt. Auch Kohlensäure hebt die Bewegung auf, die aber durch einen schwach ammoniakalischen Luftstrom wieder hergestellt werden kann. Dasselbe ist mit der abwechselnden Einwirkung von Essigsäuredämpfen und ammoniakalischer Luft der Fall. Ist die Flimmerbewegung durch eine alkalische Einwirkung aufgehoben, so stellen sie umgekehrt schwache Essigsäuredämpfe wieder her.

Die Anziehung der Flimmerzellen für Sauerstoff ist so bedeutend, dass sie diesen auch aus seiner Verbindung mit Haemoglobin abtrennen und das sauerstoffhaltige zu sauerstofffreiem reduciren.

Die chemischen Wirkungen, auf die Flimmerbewegung zeigen, dass hier wie bei dem Protoplasma der Muskel- und anderer Zellen, die Ermüdungserscheinungen (Stillstand der Bewegung) an Stoffänderungen geknüpft sind, sie verschwinden, so wie die normale chemische Zusammensetzung wieder hergestellt ist, bei ausreichender Gegenwart von Sauerstoff. —

Der Zusammenhang der Lebenseigenschaften der Zelle mit den physikalischen Eigenschaften der sie zusammensetzenden Stoffe ist in ähnlicher Weise nachzuweisen, wie es uns für die chemischen Eigenschaften in der gleichen Beziehung gelungen ist.

Wie innig sehen wir die Lebensvorgänge mit dem Austausch der Flüssigkeiten und Gase von Zelle zu Zelle und endlich in die Umgebung mit den normalen Lebenserscheinungen verbunden. Das Leben der Zelle nimmt je nach der Intensität der fortwährend in ihr kreisenden elektrischen Ströme seine eigenthümliche Richtung an. Die thierische Wärme ist zu allen animalen Vorgängen eine absolut nöthige Vorbedingung.

Wenn es uns nicht gelingen will, nähere Beziehungen der Form der Zelle zu ihren chemischen Eigenthümlichkeiten aufzufinden, so glückt es uns um so leichter, Einwirkungen des Chemismus der Zelle auf ihre physikalischen Eigenschaften und der letzteren auf die Zellenform und vice versa zu entdecken.

Wir sehen durch die Diffusionsvorgänge beständig die Gestalt der Zelle wechseln. An Stelle diffundirbarer Stoffe, welche aus ihr heraustreten, nimmt sie zuerst meist ein weit bedeutenderes Quantum Wasser in sich auf; sie schwillt dadurch an und verändert sich wie man dies schon makroskopisch an quellenden Geweben sehen kann in der Art, dass sie sich möglichst der Kugelgestalt zu nähern strebt. Dass diese Gestaltveränderung auch auf die Nachbarzellen von Einfluss ist, geht aus den Veränderungen der Zellenformen hervor, welche durch gegenseitigen Druck hervorgebracht werden. Diese Ausdehnung der Zellmembran muss rückwärts wieder auf den Vorgang des Flüssigkeitswechsels in den Zellen von Einfluss sein; der von ihr auf den Zelleninhalt ausgeübte Druck wird Flüssigkeit direct herauspressen, filtriren.

Auf diesem Wege haben auch die chemischen Veränderungen des Zelleninhaltes einen Einfluss auf die Zellengestalt. Durch die Oxydation in den Zellen werden leicht diffundirbare, krystallisirbare Substanzen gebildet, die durch Diffusion ausgewaschen werden und damit primär Wasser in die Zelle herein ziehen. Die Diffusion geht vollkommen Hand in Hand mit der chemischen Umsetzung, da durch letztere dem physikalischen Vorgang die Möglichkeit seiner stärkeren Bethätigung geschaffen wird. Freilich wirken auch die anorganischen Salze in diesem Sinn; man darf aber nicht übersehen, dass diese vielfältig in der Zelle mit organischen, schwer oder gar nicht diffundirbaren Stoffen z. B. Eiweiss in chemischer Verbindung sich befinden, aus der sie erst durch die Zersetzung und Oxydation frei werden und dann erst ihr Diffusionsvermögen entfalten können (z. B. phosphorsaures Kali im Muskel).

In Beziehung auf die Leistung mechanischer Arbeit sehen wir auch die chemische Zusammensetzung bedingend. Wir wissen ja schon, dass der Muskel nicht mehr contractionsfähig ist, wenn er Milchsäure oder andere Säuren oder auch saure Salze (saures phosphorsaures Kali) in sich angehäuft hat. In kleiner Menge scheint ihn dagegen die Milchsäure zur Contraction anzureizen.

Die Elektricitätsentwickelung steht in einer analogen Abhängigkeit von den chemischen Stoffen im Zelleninhalte. Der geruhte Muskel, der verhältnissmässig wenig Zersetzungsproducte in sich enthält, entwickelt sehr bedeutende elektrische Strömungserscheinungen. Durch die Anhäufung von Zucker in ihm — wie E. du Bois Reymond zuerst gezeigt hat — steigert sich der elektrische Muskelstrom wenigstens in seinen Wirkungen nach aussen; durch die Anhäufung von Milchsäure, gallensaures Natron, Kalisalze wird (J. Ranke) der elektrische Strom sehr bedeutend geschwächt unter Umständen sogar ganz vernichtet. Die Regelmässigkeit der elektrischen Strömungserscheinungen im Muskel und

Nerven hängt sicher von einem analog regelmässigen chemischen Bau dieser Organe ab, der auch in dem optischen Verhalten seinen Ausdruck findet (Querstreifung des Muskels).

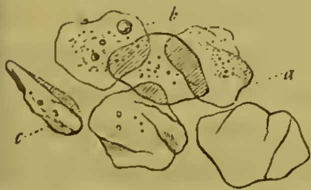
So zeigen sich uns also in Beziehung auf Form, chemische Zusammensetzung und physikalische Vorgänge in der Zelle und mit ihr im Gesammtorganismus deutliche Zusammenhänge. Ueberall erkennen wir Wechselbeziehungen, die in allen Lebenserscheinungen ein einfaches, einheitliches Gesetz vermuthen lassen. Wie dieses Grundgesetz des Lebens aber lauten mag, vermögen wir für jetzt nicht einmal zu ahnen.

Der Tod der Zelle.

Wir haben nur noch mit wenigen Worten den Untergang des thierischen Urorganismus: der animalen Zelle zu betrachten, nachdem wir die Vorgänge ihres Lebens und der Kräfte, die auf dasselbe einwirken, kennen gelernt haben.

Schon in einer der ersten Betrachtungen wurde darauf hingedeutet, dass im Allgemeinen die Mehrzahl der einzelnen Zellen oder besser Zellenformen im Organismus eine bedeutende Lebensdauer besitzen. Davon sind vor allem die Epidermis- und Epithelzellen ausgenommen, welche während des Lebens des Gesammtorganismus einem regelmässigen Absterben verfallen. Die obersten Lagen der verhornten Epidermis werden, nachdem sie fast ganz vertrocknet und eingeschrumpft sind, mechanisch losgestossen, abgeschuppt, während in den unteren, feuchten Epidermisschichten eine Neubildung von Zellen erfolgt. Die obersten Zellenlagen verhornen wieder (Fig. 35).

Fig. 35. (*F.*)



Abgestossene Epidermisschichten der menschlichen Haut.

Ein ähnlicher Vorgang findet auch an den Epithellagen der Schleimhäute statt, z. B. in der Mundhöhle, wo man im Mundsafte stets abgeschuppte Epithelplatten findet. Der Schleim des Darmcanales, des Respirations-, Genital- und Harnapparates zeigt dieselbe normale Erscheinung von abgestossenen Zellen. Im Darmcanale ist die Abstossung theilweise eben so mechanisch bedingt, wie an der Oberhaut, das Reiben der Darminhaltsmassen scheuert die Zellen ab. Anderentheils beruht die Zellablösung auf der chemischen Einwirkung der Verdauungssäfte auf die obersten Zellschichten, was besonders im Magen nachgewiesen ist. Ueberall gehen die Epithelzellen jene eigenthümliche chemische Veränderung ein, welche schliesslich zur Mucinbildung in ihrem Inhalte und dann zur Zerstörung ihrer Zellmembran führt. Auf der Mucinmetamorphose der Zellen beruht im Grunde alle Schleimbildung.

Ein Theil der in Geweben gebildeten Zellen wird dort losgestossen in die Säftecirculation gebracht, wo die freien Zellen nach verschiedenen Metamorphosen zu Grunde gehen, indem immer neue Zellennachschübe geschehen.

Hier sind vor allem die in den Lymphdrüsen gebildeten farblosen noch kernhaltigen Lymph- oder Blutkörperchen zu nennen, die zuerst im Blute zu rothen, kernlosen Klümpchen: rothen Blutkörperchen werden, die dann besonders in der Milz und Leber an letzterem Ort unter der Einwirkung der Gallensäuren aufgelöst werden.

Eine solche Losstossung einer Zelle ist auch die periodische Eireifung im Ovarium, welche beim Menschen in der grössten Mehrzahl der Fälle zum Absterben der Eizelle führt ebenfalls nach gewissen eigenthümlichen Umbildungen.

Ein Theil der Drüsensecrete entsteht zweifelsohne durch den Zerfall der Drüsenepithelzellen, während ein anderer Theil durch Ausschwitzung aus den Zellen erfolgt. Haben die Zellen eine Membran, z. B. Hodenzellen, so wird diese durch Druck von innen oder Auflösung chemischer Art gesprengt und die Inhaltsmasse wird damit frei.

Auch andere Zellen im Innern der Gewebe sehen wir dem allgemeinen Schicksale des Organisirten verfallen. Vor allem sehen wir durch massenhafte Ansammlung von Fett im Protoplasma die Zellenthätigkeit gelähmt und die Zelle endlich vernichtet. Der Fettmetamorphose können alle Zellen jeder Körpergegend in pathologischen Fällen unterliegen. Durch Fettmetamorphose zerstört werden im physiologischen Vorgange die Zellen der Milchdrüsen. Die Milch besteht aus dem fettig entarteten, verflüssigten Drüsenzelleninhalte. Bei den Muskelfasern des Herzens zeigt sich fast regelmässig eine leichte oder stärkere körnige Trübung des Inhaltes, wodurch die Querstreifung undeutlicher wird. Die in der Schwangerschaft enorm vergrösserten und vermehrten ? glatten Muskelfasern des Uterus gehen durch dieselbe Umbildung nach der Geburt theilweise zu Grunde (Fig. 36, 37). Eben so die Zellen des geplatzten Graaf'schen Follikels bei der Bildung des gelben Körpers: Corpus luteum. Auch die Anhäufung grösserer Mengen von Pigmentstoffen in den Zellen scheint unter Umständen ihren Tod herbeizuführen. Wenn wir bei dem Untergang durch Fettmetamorphose uns als Todesursache noch die durch die Fetteinlagerung sehr beschränkte Oxydationsmöglichkeit denken können, wie wir im Capitel über Ernährung noch näher erfahren werden, so finden wir für den letztgenannten Grund des Zellenunterganges vorerst keine verständliche Erklärung. Bei den weissen Blutzellen wird ihr Untergang durch die Einlagerung des Haematoglobulins eingeleitet, bei anderen Zellen wie z. B. den Epithelzellen der Lungenbläschen durch Einlagerung von Abkömmlingen dieses Farbstoffs. Da wir ihn als den Erreger der Oxydationsbedingungen kennen gelernt haben, so mag hier vielleicht umgekehrt wie bei der Fetteinlagerung und Metamorphose eine allzugrosse

Fig. 36. (*F.*)



Muskelfäden des Menschen in Fettdegeneration begriffen.

Fig. 37. (*F.*)



Entartungsformen thierischer Zellen. *a* Zellen des Graaf'schen Follikels mit Fett erfüllt; *b* Epithelien der Lungenbläschen mit Pigmenteinfüllung.

Steigerung der Verbrennungsvorgänge im Protoplasma als die Untergangsursache anzusprechen sein.

Auch die Einlagerung von Kalksalzen, phosphorsaurer und kohlensaurer Kalk, wie sie sich in Knorpelzellen häufig findet, führt zum Zellenuntergange.

Nach dem Tode des Gesammtorganismus, nach dem Ausschneiden von Organen und Organtheilen sehen wir als Leichenerscheinungen bestimmte Veränderungen in allen Zellen vor sich gehen, welche überall zuerst zum Auftreten einer saueren Reaction im Protoplasma, wohl meist durch Milchsäurebildung führt. Ueberall wo durch Säure fällbare Albuminmodification, Kalialbuminat sich findet, wird dieses durch diese spontan entstehende Säure niedergeschlagen wie im Muskel, in den Leberzellen etc. Dadurch verändern sich die physikalischen Eigenschaften dieser Zellen und Zellenabkömmlinge, sie verlieren ihre lebende Elasticität und werden starr: Leichenstarre. Das optische Aussehen verändert sich, da das gefällte Albuminat als feine Körnchen die Durchsichtigkeit trübt. Dabei treten Gestaltveränderungen in den Zellen ein: sie suchen sich alle mehr weniger kräftig der Kugelgestalt zu nähern, wie an den gestreckten Muskelelementen, so sieht man dieses auch an allen mit lebender Contractilität ausgestatteten Zellen. Der Muskel verkürzt sich und wird dicker, der ausgeschnittene Wadenmuskel des Frosches wird vollkommen kugelig; die amöboide Zelle zieht ihre Fortsätze ein und nimmt die runde Gestalt an, welche die ältere Mikroskopie allein an ihnen kannte. Die Leberzellen platten sich dagegen durch wechselseitigen Druck eckig ab.

In anderen Organen im Magen z. B. treten rasch chemische Veränderungen ein. Durch das Auftreten der Säure in den absterbenden Geweben des Magens kommt das in den Labzellen im Drüsengrunde aufgespeicherte Pepsin zur Wirkung und die Selbstverdauung, welche im normalen Leben nur die sauere äusserste Oberfläche des Magens ergreifen konnte, schreitet nun in die Tiefe fort und zerstört die Magenwände, Leber, Eingeweide wenigstens zum Theil, welche vorhin durch die alkalische Reaction ihrer Gewebsflüssigkeiten vor der Einwirkung des verdauenden Principes geschützt waren.

Die erste Fäulnissveränderung der contractilen Substanz der Muskelfasern ist ein näheres Aneinanderrücken der Querstreifen, wodurch die Querstreifung undeutlicher wird (Falk). Zuerst ist die Faser wie körnig bestäubt, schliesslich findet ein wahrer körniger Zerfall statt. Die Körnchen zeigen Fettglanz, doch bestehen sie nur theilweise aus Fett. Im weiteren Verlaufe scheint aber eine vollkommene postmortale Fettdegeneration: Leichenwachsbildung einzutreten, welche an Stelle des Muskel Ammoniakseifen erkennen lässt. Die Querstreifung geht in eine Längsstreifung über. Die Muskelkerne schrumpfen, verlieren das Kernkörperchen und verschwinden endlich ganz. Auch das Sarkolemma löst sich, das sonst so resistent gegen chemische Einwirkungen ist.

Die Blutkörperchen werden immer kleiner und kleiner, sie verlieren die Neigung an einander zu haften, werden dann zu dunklen Körnchen, die sich schliesslich entfärben. Die weissen Körperchen sind, was man besonders rasch an leukämischem Blute sehr deutlich sehen kann (J. Ranke), sehr viel resistenter als die rothen. Wenn letztere ganz gelöst sind, können erstere noch unversehrt sein. Endlich schwindet der Kern und auch sie verflüssigen sich. Die Leberzellen verändern sich später als die rothen Blutzellen und die Mus-

keln. Zuerst schwinden die Kerne, die Zellen werden trüb mit Körnchen dicht erfüllt; sie werden wieder rundlich oder oval und lösen sich in Körnchenmassen auf, in die man sie schon viel früher verwandelt findet, ehe die Lebergestalt im Grossen und Ganzen zerstört ist.

Schlussbetrachtung.

Es finden sich in den Vorgängen im menschlichen Organismus ausnahmslos die gleichen Gesetze, welche die Betrachtung der thierischen Zelle gelehrt hat.

Ueberall, wo es uns vergönnt ist, einen Einblick in das Dunkel zu gewinnen, das den menschlichen Augen die Processe der Natur verschleiert, erstaunen wir über die Einfachheit, in die sich das wechselvolle Spiel der Formen und Kräfte auflöst. Wir werden auch stets bei unseren folgenden Betrachtungen Gelegenheit haben, die geringen Mittel zu bewundern, mit deren Hülfe die Natur ihre grossartigen Zwecke zu erreichen vermag.

Wir haben bei der Betrachtung des menschlichen Organismus denselben Weg einzuschlagen, auf dem wir uns bei der Erforschung der Vorgänge in der Zelle haben führen lassen. Doch werden wir die Darstellung der Gesetze der Formgestaltung der Organe, soweit diese nicht der Anatomie und Entwickelungsgeschichte zuzuweisen ist, in der Folge nicht von der Besprechung der Functionen dieser Organe trennen. Wieder aber zerfällt unsere Gesammt-Aufgabe in die Darstellung der Gebiete der chemischen und physikalischen Erscheinungen in und an dem Organismus. Freilich lassen sich hier die Grenzen zwischen beiden Gebieten noch viel weniger scharf ziehen, als es uns dort möglich war. Wir werden stets bei der Betrachtung der chemischen Vorgänge auf physikalische mitwirkende Momente zu sprechen kommen müssen; wir werden wieder und noch mehr im Einzelnen erkennen, wie innig die physikalischen Thätigkeiten des Gesammtorganismus wie die der Zelle abhängig sind von chemischen Grundbedingungen.

Vorwiegend auf chemischen Vorgängen beruhen:
die Physiologie der Ernährung und
die Physiologie des Blutes.

II.

Die

Physiologie der Ernährung.

Viertes Capitel.

Die Nahrungsmittel.

Begriff des Nahrungsmittels.

Der Vorgang der Ernährung lenkt unter den Thätigkeiten des menschlichen Organismus zuerst unsere Blicke auf sich.

Wir kennen die Grundstoffe, aus denen die Nahrung der animalen Zelle zu bestehen hat, auch die allgemeinen Grundgesetze der Ernährung thierischer Organismen sind uns bekannt; wir haben uns aber noch nach den Einzelverhältnissen umzusehen, in welchen sie bei dem Menschen zur Geltung kommen.

Von den einfachen Nahrungsstoffen werden nur sehr wenige einzeln für sich genossen (Zucker z. B.); meist werden viele mit einander gemischt, nachdem sie noch einer mehr oder weniger eingreifenden Zubereitung unterlagen, als sogenannte Nahrungsmittel aufgenommen; durch die Zubereitung werden die Nahrungsmittel zu: Speisen.

Die Natur selbst lehrt uns die Nahrungsstoffe zu mischen. Fast alle Substanzen, die sie uns zur Ernährung darbietet, Wasser, Milch, Getreidesamen, Fleisch etc. etc. sind nicht einfache Nahrungsstoffe, sondern Gemische von solchen, die mehrere Ernährungszwecke gleichzeitig erfüllen.

Die Muttermilch kann als Beispiel eines vollkommenen Nahrungsmittels dienen. Sie besteht aus allen Stoffen, die der Organismus zur Erhaltung seiner Thätigkeiten und zum Aufbau seiner Organe bedarf, so dass das Kind von Milch allein sich vollkommen erhalten kann. Wir finden in der Milch stickstoff- und schwefelhaltige Stoffe, Albuminate (Käsestoff und Eiweiss); dann enthält sie die sehr sauerstoffarmen und kohle- und wasserstoffreichen Fette der Butter; eine weniger sauerstoffarme Substanz, die als Gewürz und Nahrungsstoff zugleich wirkt: Milchzucker, nebst den nothwendigen anorganischen Stoffen, Salzen, welche Phosphorsäure, Chlor, Kali, Kalk, Calcium etc. enthalten. Alle diese Stoffe sind gelöst oder wenigstens suspendirt in Wasser, das wir als das nothwendigste Grunderforderniss der Ernährung erkannt haben, da alle Stoffe, welche als Nahrungsmitel dienen sollen, in

Wasser gelöst oder wenigstens in den Verdauungssäften löslich in den Organismus eingeführt werden müssen.

Das Wasser.

Dem Wasser ist im thierischen und menschlichen Leibe wie auf der Erde selbst die Rolle eines Vermittlers chemischer und physikalischer Kräfte zugetheilt. Der Körper des Menschen und der höheren Säugethiere besteht zu $^2/_3$ aus Wasser, wir dürfen ihn uns nicht als aus festen Massen bestehend denken. Er ist zusammengesetzt aus blasigen und röhrenförmigen Schläuchen und Gefässen, deren Inhalt aus wässrigen Flüssigkeiten besteht, die beständig durch die Wirkung der Diffusion im Wechselverkehr mit einander stehen.

So ist schon das Wasser an sich ein wichtiger Ernährungsstoff. Noch mehr aber gewinnt es an Bedeutung dadurch, dass es vom Menschen nicht in chemischer Reinheit genossen wird, sondern beladen mit einer Menge anderer für den Haushalt des Organismus wichtiger Stoffe.

Das Wasser besitzt die Fähigkeit, beinahe alle Stoffe aufzulösen. So kommt es, dass das Quell- und Flusswasser, welche vorzüglich zum Trinken dienen, mit allen festen und gasförmigen Stoffen, je nach ihrer Löslichkeit mehr weniger beladen sind, welche ihm unterwegs in der Luft oder Erdschicht begegnen, die es durchsetzt. Manche Quellwasser enthalten eine sehr grosse Menge derartiger Beimischungen und erhalten dadurch den Charakter der Mineralquellen. Aber auch im gewöhnlichen Trinkwasser sind jene in bedeutender Quantität vorhanden und man darf sich so wenig verleiden lassen, sie etwa als Verunreinigungen desselben aufzufassen, dass ihre Abwesenheit sogar das Wasser zum Genusse untauglich macht. Es fehlen die Mineralbestandtheile im Regenwasser so wie im destillirten Wasser, beide können erst durch Zusatz von Salzen — Kochsalz — zum Gebrauche als Trinkwasser tauglich gemacht werden, wie es in wasserarmen Gegenden, z. B. auf der schwäbischen Alp, wo nur Regenwasser zu Gebote steht, der natürliche Instinct den Bewohnern seit den ältesten Zeiten gelehrt hat.

Das Wasser enthält je nach dem Zustande der Witterung eine wechselnde Menge von Luftbestandtheilen, welche sich bekanntlich beim Kochen aber eben so bei dem Gefrieren als Luftblasen ausscheiden. Auf der Gegenwart der Luft im Wasser beruht seine Fähigkeit, thierischen Organismen — Fischen etc. — welche zur Erhaltung ihres Lebens Sauerstoff bedürfen, als Aufenthaltsort dienen zu können; im Wasser der Quellen fehlt der Sauerstoff meist fast gänzlich, woher es rührt, dass sich in den frischesten Quellen keine Fische und Thiere halten können, sie müssen aus Luftmangel ersticken. Ein Forellenbach hat bei seinem Ursprung keine Fische, erst wenn sein Wasser längere Zeit mit der Luft in Berührung war, ist es für thierische Organismen athembar.

Die Luftmenge beträgt etwa $^1/_{30}$ — $^1/_{20}$ des Volumens des Fluss-Wassers, sodass in 1 Cubikfuss Wasser $33^1/_3$, 40 bis 50 Cubikzoll Luft enthalten sind. Die uns bekannte Wirkung der Gesetze der Gasdiffusion bewirkt es, dass die Luft im Wasser weit sauerstoffreicher ist als die atmosphärische.

In 100 Cubikfuss Wasser sind im Durchschnitt

	dem Volum nach:	dem Gewicht nach:
Sauerstoff	1280 C. Z.	28,66 Gramm,
Stickstoff	2560 bis 2640 ,,	50,71 bis 52,30 ,,
Kohlensäure	80 bis 160 ,,	2,47 bis 2,95 ,,

Wie aus dem über das Quellwasser Gesagten erhellt, ist der Sauerstoff im Wasser nicht nöthig, um ihm Wohlgeschmack zu verleihen. Letzterer nimmt dagegen mit der steigenden Menge an Kohlensäure zu, an der das Quellwasser sich stets ziemlich reich zeigt.

Die Verhältnisse dieser Luftbestandtheile des Wassers sind in dem der Luft ausgesetzten Wasser eben so gleichbleibend wie die Zusammensetzung der Atmosphäre. Desto verschiedener sind die mineralischen beigemischten Stoffe, die sich je nach den verschiedenen, im Boden, den das Wasser durchsetzte, anwesenden Mineraltheilen richten.

Nach den Untersuchungen von Bouchardat und Colin insbesondere führen die Wasser der Flüsse und Seeen Frankreichs und der Schweiz sehr verschiedene Mengen an Mineralbestandtheilen. Es stellt sich heraus, dass sie der Hauptsache nach kohlensaure und schwefelsaure Salze und Chlorverbindungen namentlich von Erden besonders Kalk enthalten, die Salze der Alkalien treten dagegen zurück. Die kohlensauren Erden sind nur durch Vermittelung der freien Kohlensäure als doppeltkohlensaure Salze gelöst.

Der Kalk ist in so grosser Menge im Trinkwasser enthalten, dass nach den Untersuchungen von Boussingault seine Menge hinreicht, den heranwachsenden Thieren, die ihnen zur Bildung ihrer Knochen nothwendige Kalkerde zu liefern. Er berechnete, dass auf seinem Landgute ein Ferkel in drei Monaten $1/3$ Pfund Kalk im Trinkwasser erhalten habe, und dass sein Gutsbrunnen im Jahre dem Vieh 2000 Pfund Kalk, Bittererde und Kochsalz zuführe.

Wir sehen, dass schon das Trinkwasser allein hinreichte, wenn auch die übrigen Nahrungsmittel keine anorganischen Nahrungsstoffe mehr führen würden, den menschlichen Organismus mit diesen nothwendigen Substanzen zu versehen.

Diesen bisher genannten Stoffen gegenüber stehen andere, die sich ebenfalls in ziemlicher Häufigkeit, manchmal in bedeutender Menge in dem Trinkwasser vorfinden. Es sind dieses organische Stoffe und die salpetersauren Salze. Sie sind als Verunreinigungen des Wassers zu betrachten. Die salpetersauren Salze — salpetersaures Ammoniak — sind nur zum kleinsten Theile in der Atmosphäre gebildet, wo sie namentlich bei Gewittern entstehen. Zum grössten Theile stammen sie wie die organischen Beimischungen daher, dass Flüssigkeit aus Kloaken, Gossen, Bierbrauereien etc. in die Brunnen hereinsickert, oder in die Flüsse geleitet wird und so das Wasser verpestet, und Ursache zu den mannichfachsten Erkrankungen wird, die Gesundheitsverhältnisse ganzer Städte oder einzelner Localitäten für immer verschlechtert. Das Trinkwasser ist ein Verbreitungsmittel für faulende, krankheiterzeugende Stoffe. Es wird durch locale Verhältnisse — Nähe der Kloaken am Brunnen z. B. — verständlich, wie einzelne Häuser für sich Typhusherde z. B. sein können, während daneben stehende von anderem Trinkwasser versorgte Wohnungen vollkommen gesund sind. Das Wasser solcher verunreinigter

Brunnen beherbergt eine ganze Flora und Fauna von Wesen, die besonders auf und unter den Steinen sitzen, welche den Brunnengrund bilden. Sie haben in neuester Zeit durch Radlkofer eine ausführliche Untersuchung gefunden.

Von den organischen Formtheilen des Schlammes erscheint der eine Theil als völlig fremdartige, nur zufällig von aussen herbeigeführte Beimengung; ein zweiter Theil als aus der unmittelbaren Umgebung des Brunnens (seiner Bedeckung und Umfassung) stammend; ein dritter Theil endlich als wesentliche organische Beimengungen, von im Wasser des Brunnens selbst lebenden Organismen gebildet.

Besonders die Zahl der zufälligen Beimengungen wird sich durch weitere Untersuchungen sehr vermehren lassen. Sie sind unter Umständen die wichtigsten, wie der unten angeführte Fall mit der Cholerainfection zeigt.

Radlkofer zählt als zufällige Beimengungen aus dem Thierreiche stammend auf:

Haare von Mäusen und Ratten, gefärbte Wollfasern, Theile von Vogelfedern.

Zahlreicher waren die aus dem Pflanzenreiche:

Oberhautfetzen von verschiedenen Pflanzen und Pflanzentheilen, bald mit, bald ohne Spaltöffnungen; Pflanzenhaare; Zellen aus der Kartoffelschale; Gefässbündelnetze von Blättern; abgestorbene, isolirte oder zusammenhängende Zellen aus dem Innern von Rinden und Blättern; Rindenzellen aus Bäumen; Strohstückchen; Lindenholzfasern und Stückchen.

Aus der unmittelbaren Umgebung des Wassers stammten an Thierüberresten:

Leichen kleiner Würmchen und im Wasser lebender Insectenlarven, Leichen von Milben, Borsten von der Hautbedeckung eines niederen Thieres.

An Pflanzen:

Fasern und Bruchstücke von der Holzbedeckung des Brunnens, darin oder frei braune gegliederte Pilzfäden (Hyphomyceten) mit den Pilzsporen: einzellige, spitzweckförmige, in grosser Anzahl neben einander liegend; zwei-, vierzellige, stumpf keulen- oder birnenförmige; zwei- fünfzellige, spindel- oder mondsichelförmige von einem Fusisporium oder Selenosporium. Aus dem modernden Holzwerk war ein kleiner Pyrenomycet.

Als wesentliche Gemengtheile, deren Dasein von dem Wasser des Brunnens selbst abhängig erscheint, bezeichnet er als thierische (nach Bestimmungen von Siebold):

Verschiedene lebende, geisel- oder cilientragende Infusorien, den einfacheren Formen angehörend — Monadinen —; Gehäuse von abgestorbenen Panzerinfusorien — Cryptomonadinen —; encystirte Protozoën — Amoeba —: lebende, in Bewegung begriffene Amöben; eine kleine Crustacee — Cyclops quadricornis —.

Als Pflanzliche:

Pilzfäden, zartere farblose und derbere gelbliche, mit mehr verholzter Wandung; Selenosporium; Pilzalgen — Hygrocrocis —; Diatomeen und Reste davon — Navicula, Pinnularia —, Zellen von Pediastrum ähnlichen Algen; Zellen von Bacterium und anderen Vibrionen; endlich zahlreiche graulich-

gelbliche Flocken einer chlorophyllosen Alge — Palmella flocculosa Radlkofer —, die sich in allem Quellen- und Brunnenschlamm findet.

Es ist klar, dass der Gehalt der Salpetersäure im Wasser nicht ohne Einfluss auf die Menge der im Wasser gelösten Stoffe sein kann. So kommt es, dass die am meisten verunreinigten Brunnen auch bei weitem die grösste Menge anorganischer Stoffe gelöst erhalten.

Nach den Untersuchungen aus dem Laboratorium von v. Pettenkofer, welche von Wagner angestellt wurden, kann sich in einem Brunnen, sogar zur Zeit wenn er die grösste Menge fester Bestandtheile zeigt, trotzdem keine Reaction auf salpetersaure oder salpetrigsaure Salze zeigen. Da schon das Regenwasser diese Salze enthält, so muss angenommen werden, dass dann in Folge sehr lebhafter organischer Vorgänge durch die Wasserorganismen eine Zerstörung der sonst in keinem Brunnenwasser fehlenden salpetersauren Salze stattgefunden hat. Wagner fand an Stelle der salpetersauren Salze nicht unbeträchtliche Mengen von Ammoniak. Die Schwankungen im festen Rückstand der Brunnenwasser zu verschiedenen Zeiten sind sehr bedeutende, wie Schmidt für Dorpat fand und Wagner für München bestätigte.

100 CC Wasser eines Brunnens ergaben an festem Rückstand:

1. April	56 Mgrm.
20. April	68 ,,
24. Mai	107 ,,
8. Juni	100 ,,
15. Juni	97 ,,
30. Juni	93 ,,
14. Juli	85 ,,
28. Juli	88 ,,
5. August	83 ,,
9. September	70 ,,
24. September	65 ,,
8. October	60 ,,
22. October	58 ,,

Es ist einleuchtend, wie wichtig die Kenntniss dieser Verhältnisse für den Arzt ist, der allein schon dadurch, dass er schädliches Trinkwasser verbietet, und für gesundes sorgt, eine Reihe von Krankheiten verhüten kann.

Man ist geneigt, weil es für kleinere Ortschaften verhältnissmässig leicht ist, reines Trinkwasser zu verschaffen, dieser Bedingung der Gesundheit dort weniger Aufmerksamkeit als in grossen Städten zu schenken, doch liegt es auf der Hand, dass überall locale Schädlichkeiten der schlimmsten Art gegeben sein können, die um so ungestörter und nachhaltiger einwirken, wenn sie nicht beachtet werden. Es ist eine der grössten Aufgaben einer guten Ortsverwaltung, für reines, gesundes Trinkwasser zu sorgen. Der Arzt als Gesundheitsrath muss über die Grundprincipien der Frage im Klaren sein.

Es leuchtet ein, dass vor allem darauf gesehen werden muss, dass die Anlage der Kloaken und Abflusscanäle nicht so erfolgt, dass sie ihren Inhalt durch den Boden in benachbarte Brunnen ergiessen können. Gehörige Entfernung beider ist das beste Mittel der Verhütung, im Nothfalle müssen die Wände der ersteren cementirt werden. Die Versorgung der Städte mit

Wasserleitungen von gesundem Quellwasser verhütet vollkommen diese gefürchtete Verunreinigung. Bleiröhrenleitungen ertheilen dem Trinkwasser einen geringen Bleigehalt, wenn das Wasser nicht schwefelsauren Kalk führt, der das Blei als unlösliches schwefelsaures Blei niederschlägt.

Wir müssen stets mit gegebenen Grössen rechnen, so auch hier. Ist das Trinkwasser schlecht und ungesund, und ist es nicht möglich die hieraus hervorgehenden Schädlichkeiten durch Herbeischaffung gesunden Trinkwassers zu vermeiden, so müssen Anstalten getroffen werden, das vorhandene Wasser von seinen Verunreinigungen zu befreien.

Das Kochen des Wassers zerstört die schädlichen organischen Beimengungen, treibt aber auch alle Luft aus und macht dadurch das Wasser unschmackhaft. Im Nothfall kann es trotzdem Anwendung finden, wenn man es einige Zeit in einem verschlossenen Glasgefäss mit Luft geschüttelt hat.

In Paris dient das Seinewasser fast ausschliesslich als Trinkwasser. Es muss, wie das anderer als Trinkwasser benützter Flüsse vor dem Gebrauche von den erdigen Bestandtheilen, die es enthält, gereinigt werden. Diese erdigen Bestandtheile, welche das Flusswasser führt, sind von den Mineralbestandtheilen, die wir vorhin betrachtet haben, wesentlich zu unterscheiden. Erstere bestehen der Hauptmasse nach aus Thon und sind, ohne gelöst zu sein, im Wasser suspendirt, besonders nach starkem Regen- und Thauwetter, und setzen sich äusserst langsam ab. Abgesehen von diesen erdigen Beimischungen ist das Flusswasser gewöhnlich weit ärmer an festen Mineralbestandtheilen als das Quellwasser, da die Flüsse zum Theil durch Regenwasser gespeist werden, welches bei seinem raschen Abfluss keine Zeit hatte, eine grössere Menge jener Stoffe zu lösen. Die Loire bei Orleans enthält nach Guidaut nur 6,8 Gewichtstheile feste Stoffe auf 100000 Gewichtstheile Wasser; das Elbewasser bei Dresden nach Petzholdt 30, während das Wasser des Kreuzbrunnens in Dresden z. B. 100 feste Theile enthält.

Die Reinheit des Quellwassers an mechanischen, erdigen Beimengungen, so wie sein Reichthum an gelösten Mineralbestandtheilen, welche es zu seinem Vortheil von dem Flusswasser unterscheidet, sind beide Folge des Filtrationsprocesses, welchen es bei seinem langsamen Durchsickern durch den porösen Boden durchzumachen hat. Hier werden ihm auch organische Beimischungen wenigstens zum Theil entzogen, indem sie jenen oben genannten Organismen als Nahrungsstoffe dienen.

Man ahmt bei dem Wasserreinigungsprocess diesen natürlichen Filtrationsprocess nach. In Venedig hat man filtrirende Cysternen, bei welchen das Regenwasser in grossen wasserdichten, mit einer Thonlage belegten Gruben gesammelt wird, welche mit Sand gefüllt sind. In der Mitte geht durch den Sand ein Schacht nieder, welcher trocken gemauert und mit Oeffnungen im Mauerwerke versehen ist. Das aussen auf den Sand geleitete Wasser sickert durch diesen in den Schacht, aus dem es durch Schöpfeimer gereinigt und mit Mineralbestandtheilen geschwängert gehoben werden kann.

Die Reinigung des Flusswassers im Grossen geschieht auf ähnliche Weise, wie oben angegeben. Es wird in Filterbeete geleitet, welche ohne Mörtel gemauerte Schachte enthalten, auf einem Lehmgrund aufstehend. Etwa 6′ hoch ist diese grosse »Lehmschüssel« zu unterst mit Geröll, dann mit grobem, dann

feinem Sand gefüllt. Diese Schichten muss das Wasser durchsetzen, um in die Schachte zu gelangen. In den Familien in Paris sind Filter gebräuchlich, welche aus einem Kasten bestehen mit doppeltem Boden. Der obere auf den das zu filtrirende Wasser aufgegossen wird, besteht aus einem porösen Steine (grès filtrant genannt), der das Wasser klar durchsickern lässt, welches unten aus dem Behälter durch einen Hahn abgelassen werden kann.

Um das Wasser nicht nur von seinen mechanisch beigemischten, sondern auch von seinen organischen Verunreinigungen zu befreien, dient am zweckmässigsten eine Filtration durch Holzkohle, welche die Eigenschaft hat, riechende, faulende, faulig schmeckende organische Substanzen mit grosser Kraft den Flüssigkeiten zu entziehen.

Bei dem Filtriren des Flusswassers im Grossen ist manchmal der Reinigungsprocess nur sehr unvollkommen. In London liess es sich nachweisen, dass durch solches Trinkwasser Choleraexcremente in die Häuser eingeschleppt wurden, welche die Krankheit weiter verbreiteten. Es ist dieses ein Beweis dafür, wie wichtig es ist, überall wie das alte Rom es that, Quellwasser den Städten zuzuleiten. Für den Kopf bedarf man etwa — allen Wasserverbrauch im Hause mitgerechnet — 25 Mass in 24 Stunden.

Man pflegt den Wasserfiltern in ihrem Inhalt, der im Kleinen wie im Grossen aus Schichten von gewaschenem Sand und grösseren Kieseln bestehen kann, auch etwa erbsengrosse Stücke von Kohle beizumischen, welche das filtrirende Wasser zugleich desinficiren. Will man nur den letzteren Zweck erreichen, so benutzt man Filter, welche das Wasser nur durch eine Kohlenschicht laufen lassen, wie sie schon jetzt von London her bei uns eingeführt in ziemlich häufigem Gebrauche sind.

Die Pariser Wäscherinnen benützen eine den Chinesen entlehnte Methode der Wasserklärung, die darin besteht, dass sie eine geringe Menge von Alaun dem Flusswasser zusetzen. Der Schlamm, den das Wasser mit sich führt, sammelt sich nach Zusatz von 0,0001 % und weniger Alaun in langen Streifen und schlägt sich nieder. Es wäre denkbar, dass diese Reinigungsmethode auch für die Zwecke der Trinkwasserherstellung verwendet werden könnte, obwohl der Alaun, als ein dem Wasser fremder Bestandtheil als eine Verunreinigung desselben zu betrachten ist; an sich ist er für die Gesundheit ganz unschädlich. Es lohnte sich vielleicht der Versuch bei schlammigem Trinkwasser, wie es sich besonders im Frühling so wie überhaupt nach längerem Regenwetter auch in sonst guten Brunnen findet.

Nicht nur die Verhältnisse des Wassers, welches wir trinken, sondern noch vielmehr das im Boden auf dem wir wohnen und leben enthaltene Wasser, das sogenannte Grundwasser hat Einfluss auf unsere Gesundheit, wie dieses vor allem durch die Untersuchungen v. Pettenkofer's nachgewiesen wurde.

Der Wasserstand im Boden, den man an dem Wasserstand in Brunnenschachten messen kann, ist nicht nur an verschiedenen Orten sondern auch an demselben Orte zu verschiedenen Zeiten sehr bedeutenden Schwankungen unterworfen. Mit diesen Schwankungen steigt und fällt die Disposition der Bewohner solchen Bodens für gewisse Krankheiten, die man danach als »Bodenkrankheiten« bezeichnen kann. Vor allem sind es der Typhus, die Cholera und das Wechselfieber, die in einem solchen Wechselverhältniss mit den

Schwankungen des Grundwassers stehen. Für erstere Krankheit hat Buhl gezeigt, dass bei epidemischem Auftreten derselben das Maximum der Sterblichkeit, also die Höhe der Krankheit mit dem tiefsten Stande des Grundwassers zusammenfällt. Das Wechselfieber zeigt sich bei dem höchsten Grundwasserstand, wenn wir auf einem uns und unseren Wohnhäusern auf wenige Fusse nahgerückten unterirdischen See wohnen.

In Beziehung auf die Cholera sagen vornehmlich auf Pettenkofer's Untersuchungen gestützt Griesinger, Pettenkofer und Wunderlich:

Auf die örtliche und zeitliche Disposition haben nach dem gegenwärtigen Stande der Forschung die Durchgängigkeit des Bodens für Wasser und Luft, dessen wechselnder Wassergehalt und die Imprägnirung mit organischen, stickstoffhaltigen verwesenden Stoffen den grössten Einfluss.

Ein für Wasser und Luft nicht oder nur sehr wenig durchgängiger Boden (z. B. compacter Felsboden) zeigt sich für eine epidemische Entwickelung nicht oder nur sehr wenig empfänglich.

Poröser Boden oder auch Felsboden, der sehr zerklüftet ist und dessen zahlreiche Klüfte bis zu einer grösseren Tiefe hinab mit geschlämmter, imprägnirter Erde ausgefüllt wird, gewähren einen solchen Schutz nicht.

Wenn eine abnorme Durchfeuchtung der porösen, imprägnirten Bodenschichten vorausgegangen ist, und die Luft daraus eine längere Zeit hindurch und bis zu einer beträchtlicheren Höhe als gewöhnlich, durch Grundwasser verdrängt war, so begünstigt ein rasches Sinken desselben die epidemische Entwickelung der Cholera an solchen Orten.

Je imprägnirter eine Schicht mit organischen, verwesenden Substanzen ist, desto gefahrbringender wird das Zurückgehen des Grundwassers, falls der Keim der Cholera zu dieser Zeit eingeschleppt wird.

Das Zurückgehen des Grundwassers, das Austrocknen andauernd und stark durchfeuchteter Bodenschichten scheint das wichtigste Moment für die Zeit des Auftretens der Choleraepidemien zu sein.

In Flussthälern, in Mulden, dicht am Fusse von Abhängen (an Steilrändern) wirken diese drei Factoren häufig im ungünstigen Sinne zusammen, diese Terrainform begünstigt namentlich die Bildung, Ansammlung, Stauung und Schwankung von Grundwasser.

Oertlichkeiten auf der Schneide zwischen zwei Mulden, Gegenden zwischen zwei Wasserscheiden zeigen durchschnittlich eine viel geringere Empfänglichkeit.

Es wird für den Arzt leicht sein, den hohen Nutzen, welche die Bekanntschaft mit diesen Thatsachen für die Gesundheitspflege, Verhütung von Erkrankungen, Wahl des Platzes für Krankenhäuser und Wohnhäuser etc. ihm gewähren, im speciellen Falle auch wirklich daraus zu ziehen.

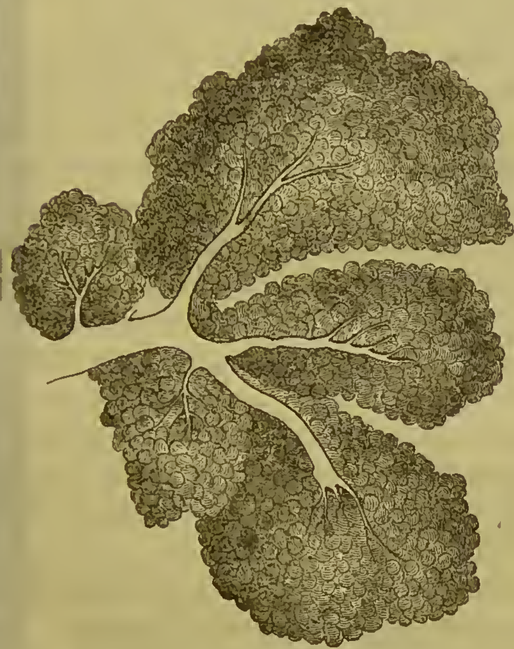
Die Milch.

Wir haben die Betrachtung des Wassers als des unentbehrlichsten Nahrungsmittels für die Erhaltung der Organismen vorangestellt. Wir schliessen daran die der Milch an, des Nahrungsmittels, auf dessen alleinigen Genuss die Natur den Menschen in seiner ersten Lebensperiode angewiesen hat, also

als natürlicher Typus eines vollkommenen Nahrungsmittels betrachtet werden muss.

Die Milch ist das Secret der Milchdrüsen, zweier zusammengesetzter, traubiger Drüsen, welche im Wesentlichen mit den übrigen traubenförmigen Drüsen: Pancreas und Speicheldrüsen etc. übereinstimmen (Fig. 38.). Sie setzen sich zusammen aus etwa 20 birnförmigen Lappen, welche wieder in feinere Läppchen und Drüsenbläschen getrennt sind. Diese letzteren bestehen aus einer gleichartigen Hülle innen mit Pflasterepithelzellen ausgekleidet, deren Umwandlungsproduct in der Zeit nach der Geburt die Milch ist. Die Ausführungsgänge der Drüsenläppchen vereinigen sich für jeden grösseren Drüsenlappen schliesslich zu einem 1—2‴ weiten Gang, den Milchgang, Ductus lactiferus, der im Warzenhofe je zu einem Säckchen, dem Milchsäckchen anschwillt, welches mit einem verschmälerten Gange an der Spitze der Brustwarze für sich ausmündet. Auch die Epithelien dieser Ausführungsgänge bestehen aus vieleckigen, rundlichen, kleineren Zellen, die nur in den weitesten eine walzenförmige Gestalt annehmen. Kölliker findet an den weiteren Canälen eine weisse, feste, bindegewebige Haut, an der er keine Muskelfasern, nur elastische Elemente, nachweisen konnte.

Fig. 38. (*K.*)



Einige kleinste Läppchen der Milchdrüse einer Puerpera mit ihren Gängen, 70mal vergr. Nach Langer.

Dagegen besitzt die Brustwarze selbst eine grosse Menge glatter Muskelfasern, die ihr die erectile Steifigkeit bei Hautreizen auf die hier sehr zarte Oberhaut ertheilen. Letztere zeigt sich in ihren tieferen Lagen gefärbt. Im Warzenhofe befinden sich grössere Schweiss- und Talgdrüsen, welche oft sichtbare Höckerchen bilden.

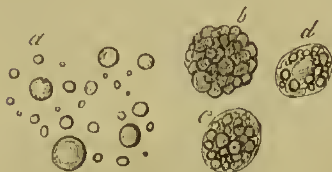
Die Nerven der Haut über den Milchdrüsen stammen von den Supraclavicularnerven und von den Hautästen des zweiten bis vierten Intercostalnerven. In die Drüse selbst sind bisher noch keine Nerven verfolgt.

Die Thätigkeit der Milchdrüse ist bei dem menschlichen Weibe auf die Zeit nach der Geburt beschränkt. Nur dann ist die Drüse in einem Stadium vollkommener Entwickelung, welche auch mit einer Grössenzunahme der Hülfsorgane, auch der Brustwarze verknüpft ist. Bei dem Manne ist die Drüse ganz verkümmert und fest, doch kann sie in seltenen Fällen auch die Fähigkeit der Milchabsonderung erlangen, wie von anerkannten Forschern (A. von Humboldt) berichtet wird.

In ihrer Ruhezeit enthält die weibliche Brustdrüse nur einen zähen Schleim, welchem einzelne, abgestossene Epithelzellen beigemischt sind. Während der Schwangerschaft beginnen die Epithelzellen der Drüsenbläschen

sich zu vergrössern, sammeln immer mehr und mehr Fett in sich an und füllen endlich die Endbläschen der Drüse vollkommen aus. Dabei bilden sich neue Epithelzellen, sodass schliesslich die älteren mit Fett erfüllten Zellen losgestossen und in die Milchgänge hereingetrieben werden, aus denen sie sich in der zweiten Hälfte der Schwangerschaft gemischt mit einer gelblichen Flüssigkeit als Colostrum hervorpressen lassen. Das Colostrum ist noch keine wahre Milch. Es zeigt unter dem Mikroskope die fetthaltigen Epithelzellen, Colostrumkörperchen, mehr weniger zerfallen, sodass auch Fetttröpfchen aus dem Zelleninhalt frei in der Flüssigkeit umherschwimmen (Fig. 39.).

Fig. 39. (*K.*)



Formelemente der Milch, 350 mal vergr. *a.* Milchkügelchen, *b.* Colostrumkörper, *c d.* Zellen mit Fettkügelchen aus dem Colostrum, die eine (*d*) mit einem Kerne.

Mit dem Saugen des Kindes an der Brust nimmt die Zellenbildung in den Milchdrüsenbläschen mit einem Male sehr zu. Nach den ersten drei bis vier Tagen des Stillens hat die Drüsenabscheidung den Charakter der reifen Milch angenommen. Die fort und fort in den Drüsenbläschen entstehenden fetthaltigen Zellen zerfallen schon in den Milchgängen, sodass die Fettkügelchen frei werden und nun in der Milchflüssigkeit ohne Hülle umherschwimmen, hie und da hängen einige noch fester zusammen, sodass sie an das Bild der Colostrumkörperchen erinnern. Doch sieht man niemals bei normaler Milch noch Etwas von den Zellhüllen und Kernen selbst, welche an die Entstehung der Milch in Zellen mahnten.

Die Milchbildung ist demnach eine fettige Metamorphose der Epithelzellen der Milchdrüse. Sie reiht sich nicht nur der Bildungsweise des Hauttalges in den Talgdrüsen sondern auch der krankhaften Fettmetamorphose der Zellen — Muskeln z. B. — vollkommen an.

Die reife Milch besteht aus einer Flüssigkeit, dem Milchplasma und unzähligen in diesem schwimmenden, runden, das Licht stark brechenden Milchkügelchen. Diese charakterisiren sich sogleich schon durch ihr Aussehen als aus Fett bestehend, und geben der Milch ihre bläulich weisse Farbe. Es ist höchst wahrscheinlich, dass sie mit einer zarten Caseïnhülle umgeben sind, sodass man sie als fettgefüllte Bläschen zu betrachten hat.

Die Milchflüssigkeit ist eine Lösung einer geringen Menge verschiedener anorganischer Salze mit einer grösseren Menge Milchzucker, Caseïn und Albumin. Die Milch reagirt frisch alkalisch.

Die Zusammensetzung der Milch ist bei verschiedenen Säugethieren zwar quantitativ aber nicht qualitativ verschieden, doch mischen sich der Milch die specifischen, riechenden Stoffe der thierischen Hautabsonderung bei, welche sehr wesentliche Unterschiede in Geruch und Geschmack verursachen.

Der Geschmack der Milch ist mehr oder minder angenehm süss, was von dem grösseren oder geringeren Gehalt an Milchzucker herrührt.

Die Fette der Milch sind nur von der Kuhmilch genau untersucht. Heintz fand in derselben die Glyceride der Butinsäure, Stearinsäure, Palmitinsäure, Myristinsäure und Oelsäure. Die flüchtigen Fettsäuren, welche die Analysen der Butter ergeben — nach Chevreul: Caprin-, Capryl-, Caproh- und Buttersäure — sind sicher Zersetzungsproducte,

die erst durch die chemische Analyse oder durch den Process des Ranzigwerdens entstanden sind. Dieser beruht auf einer Oxydation des Glycerins, welches in Acroleïn $C_6 H_3 O_2 H$ = Acrylaldehyd, welches auch bei der trocknen Destillation und dem Anbrennen der Fette entsteht und den dabei wahrgenommenen widrigen, stechenden Geruch erzeugt, und Ameisensäure zersetzt wird; die Fettsäuren werden ebenfalls höher zu den genannten flüchtigen Säuren oxydirt. Dieser Zersetzungsvorgang wird durch die Zersetzung der Eiweisskörper der Milch eingeleitet.

Die praktischen Versuche der Landwirthe haben es mit aller Sicherheit erwiesen, dass die Art und Menge der Nahrung Einfluss auf die Menge der Milchabsonderung habe. Becquerel behauptete, dass die Menge der Nahrung mehr Einfluss habe als die Qualität. Dieses ist in so fern richtig, als durch alle bisherigen Beobachtungen erwiesen ist, dass je mehr Flüssigkeit die Thiere (Menschen) zu sich nehmen, der Milchertrag um so reicher werde und zwar merkwürdiger Weise ohne dass die Qualität der Milch sich einem etwa vermutheten Wässerigwerden entsprechend verschlechtert, verdünnt zeigte. Es wirkt jede Wasseraufnahme in diesem Sinn, mag sie nun mehr indirect durch wasserreiches Futter: Grünfutter, Schlempe etc. erreicht werden, oder dadurch, dass man den Thieren durch mehr Salz in der Nahrung den Durst zu Wasser steigert. (Dancel). Kühe, welche bei trockener Stallfütterung 10 – 14 Liter Milch gaben, lieferten 14 — 16 Liter ohne Verschlechterung. Es ist diese Thatsache allen Milchviehbesitzern geläufig. Dadurch gewinnt der reichliche Flüssigkeitsgenuss (Bier) bei stillenden Müttern, Ammen eine hohe Bedeutung auch in ärztlicher Beziehung.

Nach den Untersuchungen von Thomson und den unter Pflüger's Leitung von Ssubotin und Kemmerich in neuester Zeit gemachten Experimentalbeobachtungen, ist jedoch die Qualität der Nahrung durchaus nicht ohne grossen Einfluss auf die Milchproduction. Merkwürdiger Weise kann durch reichlichen Fettgenuss die Milchsecretion (bei Hunden) ganz unterdrückt werden, das genaue Gegentheil dessen, was man a priori für dieses fettreiche Secret erwarten zu dürfen glaubte. Bei Fleischnahrung (N haltiger Kost) dagegen nimmt im Vergleiche zu vegetabilischer Nahrung die Menge der Milch bedeutend zu und der Gehalt an festen Bestandtheilen namentlich an Fetten, weniger an Caseïn ist sehr erhöht. Der Albumingehalt der Milch, der bei der Hündin nicht unbedeutend ist, bleibt ziemlich constant, der Zuckergehalt sinkt etwas.

Es geht aus diesen Versuchen fast mit Sicherheit hervor, dass die Fettbildung für die Milch aus Eiweissstoffen geschieht, was auch von den genannten Experimentatoren angenommen wird. Hoppe-Seyler fand, dass sich in stehender Milch auf Kosten der Albuminate das Fett vermehrte, sodass also auch hier noch ein Uebergang der Albuminstoffe in Fett stattfände. Ssubotin hat die Fettvermehrung in stehender Milch ebenfalls constatirt, das in 36 Stunden fast 1 % der Gesammtfettmenge betragen kann.

Im Allgemeinen ist aber trotzdem der Einfluss der Nahrung, so lange die nur Thiere keinen Mangel leiden, nicht so gross als man vielleicht denken könnte.

Nach Playfair ist der Fettgehalt der Milch überhaupt bei Stallfütterung und Ruhe grösser als bei starker Bewegung; das Vieh, welches auf armer

Weide viel umherziehen muss, um sein Futter zu finden, liefert käsestoffreichere Milch.

Die erste Milch, die man im Euter findet, bevor das Kalb gesaugt hat, das Colostrum ist etwa 5 mal reicher an Käsestoff als die nachfolgende.

Die bei demselben Melken später aus dem Euter gezogene Milch ist nicht unbedeutend an Fettgehalt reicher als die ersten Portionen. Nach Schübler, der 5 Portionen gesondert untersuchte stieg der Rahmgehalt von 5 : 8 : 11,5 : 13,5 : 17,5 %.

Das Blauwerden der Milch rührt von mikroskopischen Thierchen: Vibrio cyanogenus, die falsche gelbe Farbe derselben von einem ähnlichen Infusorium her.

Den Untersuchungen von Clemm, Simon, Haidlen etc. zu Folge enthält die Milch gesunder Frauen im Durchschnitt

	in 1000 Theilen Milch:	
Wasser	885,66	
Caseïn	28,11	114,31 feste Stoffe
Butter	35,64	
Milchzucker	48,14	
Salze	2,42	

Die Milch der Säugethiere, welche zur Milchgewinnung verwendet werden, ist von etwas verschiedener Zusammensetzung als die der Frauen. Sie enthalten im Ganzen im Durchschnitt mehr feste Bestandtheile unter denen der Zuckergehalt mehr zurücktritt, während sich ein höherer Gehalt an Butter und Albuminaten zeigt. Die Milch der Pferde- und Esel-Stuten ist dagegen der Frauenmilch sehr analog gemischt, doch enthalten sie im Gegensatze zu den anderen Milchsorten mehr Milchzucker.

Der Gehalt an Albuminaten beträgt in 1000 Theilen Milch im Durchschnitt

in der Frauenmilch	28,11
Kuhmilch	54,04
Ziegenmilch	46,59
Schafsmilch	53,42
Eselsmilch	20,18
Stutenmilch	16,41

Der Gehalt an Milchzucker ebenfalls in 1000 Theilen beträgt:

in der Frauenmilch	48,14
Kuhmilch	40,37
Ziegenmilch	40,04
Schafsmilch	40,98
Eselsmilch	50,00
Stutenmilch	80,00

Unter den anorganischen Bestandtheilen der Milch überwiegen die Kali- und Natronverbindungen bedeutend, überdiess findet sich unter ihnen ein ziemlich grosser Antheil an phosphorsaurem Kalke. Nach Wildenstein ist die Asche der Frauenmilch quantitativ folgendermassen zusammengesetzt in 100 Theilen:

Chlornatrium	10,73
Chlorkalium	26,33

Kali	21,44
Kalk	18,78
Bittererde	0,87
Phosphorsäure	19,00
phosphorsaures Eisenoxyd . .	0,21
Schwefelsäure	2,64
Kieselerde	Spur

Die Kuhmilch zeigt eine entsprechend ihrem höheren Eiweissgehalt grössere Phosphorsäuremenge bis 29 % der Gesammtasche (Weber). Im übrigen ergeben die vorhandenen Analysen keine bedeutenden Differenzen.

Die Milch enthält in ihrer Flüssigkeit stets eine bestimmte Menge der im Organismus befindlichen Gase gelöst, gerade so wie sich solche in allen Parenchymsäften vorfinden. F. Hoppe untersuchte dieselben in der Ziegenmilch, er fand, dass sie der Hauptmenge nach aus Kohlensäure bestehen. In einer gelungenen Analyse fand er

in 100 Volum Gas:

Kohlensäure .	55,15	Vol.
Stickstoff. . .	40,56	,,
Sauerstoff . .	4,29	,,

Man hat geglaubt, die Zusammensetzung der Milch als den Grundtypus aller Nahrungsmittel aufstellen zu müssen. Man glaubte, dass das Verhältniss der einzelnen Nahrungsstoffe: Albuminate, Fette, Zucker, Salze zu einander die Idealmischung sei, in welcher sie am besten zur Ernährung des Organismus dienen könnten. Wir werden in späteren Betrachtungen sehen, dass davon keine Rede sein kann, da es überhaupt unmöglich ist, dass eine Nahrungsmittelmischung für alle Körperzustände gleich zuträglich sei. Es wird sich ergeben, dass jedes Alter; jede Beschäftigung, jeder Körperzustand seine eigene Nahrung verlangt. Doch darf man über diese allgemeine Wahrheit nicht übersehen, dass die Milch der Mutter unstreitig für den kindlichen Körperzustand die beste Nahrungsmischung darstellt, welche kaum durch eine andere künstliche vollkommen ersetzt werden kann.

Wir können hier sogleich die Thatsache beachten, der wir an einer späteren Stelle noch eingehender unsere Aufmerksamkeit zuwenden müssen, dass bei dieser Normalkindernahrung Fette und Kohlehydrate neben dem Eiweissstoffe so reichlich vertreten sind, etwa 10 Theile Albuminate auf 10 Theile Fett und 20 Theile Zucker. Wir werden später finden, dass eine solche Nahrungsmischung zum Stoffansatz im Organismus vorzüglich tauglich ist, wenn von dem letzteren weniger Muskelarbeit gefordert wird. Sehr auffallend ist in der Zusammensetzung der Milchasche der hohe Gehalt an phosphorsaurem Kalke, der zum Aufbau des nach der Geburt rasch erstarkenden Knochengerüstes nothwendig ist. Dieser Stoff ist an das Caseïn gebunden. Das Caseïn selbst ist eine Alkaliverbindung, woher der hohe Gehalt der Milch an Alkalien rührt. Sie machen das Caseïn, welches sich im Wasser nur sehr wenig löst. darin leicht löslich.

Wenn wir von der Milch als dem Normalgemische der Nahrungsstoffe eines kindlichen Organismus gesprochen haben, so bezog sich dieses für den Menschen natürlich nur auf die Frauenmilch. Wo diese für die Ernährung

des Kindes mangelt, kann dafür die Milch der Hausthiere nicht ohne weiteres mit dem gleich günstigen Erfolge angewendet werden. Die Milch von Kühen und Ziegen unterscheidet sich quantitativ nicht unbedeutend von der Frauenmilch und die Erfahrung lehrt, dass sie von Säuglingen nicht vertragen werden. Um sie der Frauenmilch ähnlicher zu machen, muss der Kuhmilch, die gewöhnlich als Ersatz dient, da sie Caseïn- und Butter-reicher ist, Wasser zugesetzt werden mit Milchzucker, um den geringeren Gehalt an Zucker zu beseitigen. Dasselbe ist für die Ziegenmilch, die der Kuhmilch nahe steht, nothwendig.

Es ist für den Arzt von Wichtigkeit, die Veränderungen, welche die Milch an der Luft erfährt, sowie die Verfälschungen dieses nothwendigen Nahrungsmittels zu kennen.

Die Milch nimmt bei dem Stehen an der Luft begierig Sauerstoff in sich auf. Dieser Sauerstoff wird zur Oxydation des Käsestoffes verwendet. Sobald dieser Vorgang beginnt, wirkt das sich zersetzende Caseïn als Gährungserreger für den in der Milch enthaltenen Milchzucker und reisst auch die Fette wie wir schon gesehen haben in die Zersetzung mit hinein. In Folge davon wird die Milch, welche frisch alkalisch reagirt, sauer. Es bildet sich aus dem Milchzucker durch Umlagerung seiner Elemente Milchsäure.

In Folge dieses Auftretens einer freien, starken Säure in der Milch finden nun Zersetzungen in ihren Bestandtheilen statt. Vor allem wird die Alkaliverbindung des Caseïns getrennt, das Caseïn wird frei und unlöslich, es scheidet sich als eine dicke Gallerte ab, welche nach einigem Stehen eine helle, durchsichtige, grünlich gefärbte Flüssigkeit, Molken auspresst. Die Milchkügelchen werden von dem geronnenen Caseïn eingeschlossen.

Es ist verständlich, dass diese Ausscheidung des Caseïns in der Milch leicht dadurch zu verhindern ist, dass man die letzte Ursache, die Verbindung des Käsestoffes mit Sauerstoff unmöglich macht. Wir wissen, dass alle derartigen Zersetzungen bei einer Temperatur von 100° C. stillstehen. So erklärt sich der Erfolg des Absiedens der Milch, welches diese auch im Sommer für längere Zeit von dem Sauerwerden schützen kann, wenn man das Erhitzen wenigstens einmal in 24 Stunden wiederholt. Ebenso wirkt der hermetische Luftabschluss von gekochter Milch in Blechbüchsen, eine Conservirungsmethode, welche für Seereisen besonders in Anwendung kommt. Auch eine niedere Temperatur wirkt aus einleuchtenden Gründen in demselben Sinne.

Man hat beobachtet, dass die Milch in Zinkgefässen längere Zeit ohne sauer zu werden gehalten werden kann. Es beruht dieses auf einer chemischen Verbindung von Milchsäure mit dem Zink. Die Zinksalze sind jedoch durchaus nicht ungefährlich. Es erklären sich aus ihrem Vorhandensein in der Milch, die Vergiftungssymptome, welche hie und da so heftig nach Milchgenuss auftreten oder nach Genuss von Speisen, zu deren Bereitung Milch gedient hatte, welche längere Zeit in Zinkgefässen gestanden hatte, wie sie von Zuckerbäckern hie und da benützt werden.

Die Gerinnung der Milch wird auch durch einen sehr geringen Zusatz von doppelt kohlensauerem Natron verzögert, wozu schon $^1/_{1000}$ genügt. Dieser Zusatz ist der Gesundheit vollkommen unschädlich und verändert den Ge-

schmack der Milch nicht merklich, sodass seine Anwendung ganz gefahrlos ist.

Die Milch wird in grossen Städten, wo ihr Preis sehr hoch ist, Gegenstand vielfältiger Verfälschungen. Die gewöhnlichste ist Wasserzusatz manchmal bis zur Hälfte. In Paris ist das, was als gewöhnliche Milch verkauft wird, abgerahmte Milch, mit einem Zusatz von $^1/_4$, $^1/_3$ bis zur Hälfte Wasser. Rahm ist dort die Milch in natürlichem Zustande. Weitere Zusätze zur verdünnten Milch werden dazu gemacht, um sie wieder dickflüssiger zu machen. Mehl, Stärke, Eigelb, Hanfsamenemulsion sind zu leicht an ihrem Verhalten zu erkennen, als dass sie in grösserem Maasse in Anwendung gebracht werden könnten. Dagegen werden zu diesem Zwecke Reiswasser, Kleien- und Gummiwasser vielfältig verwendet. Noch eine andere, originelle Fälschung erwähnt Knapp, sie besteht in Beimischung von feinzerriebenem, von seinen Häuten befreitem Hammelgehirn, wodurch der Milch scheinbar ein hoher Rahmgehalt ertheilt wird. Das Mikroskop giebt über diese Verfälschungen sogleich Aufschluss, welches die Stärkekörnchen, die zerquetschten Nervenfasern etc. nachweist. Zur Erkennung des Wasserzusatzes dienen sehr einfache, von Jedermann mit wenig Anleitung ausführbare sogenannte Milchproben.

Am einfachsten und besten ist die von Donné angegebene Methode, welche die Menge des in der Milch enthaltenen Fettes zum Anhaltspunct nimmt.

Donné bestimmte, welche Dicke die Milchschicht haben müsse, bei der eben das Licht einer hinter ihr befindlichen Kerzenflamme nicht mehr wahrgenommen wird. Diejenige Milchsorte enthält am wenigsten von dem undurchsichtigen Fett, von welcher man die dickste Schichte einschalten muss.

Alf. Vogel hat diese Methode dahin abgeändert, dass er bestimmte, wie viel Milch er zu 100 Cc. Wasser zusetzen musste, um eine Flüssigkeitsschicht von 0,5 Cm. Dicke (in einem Glaskästchen) undurchsichtig zu machen.

Nach T. Hoppe-Seyler gewinnt die Bestimmung an Sicherheit durch das umgekehrte Verfahren. Er lässt 5 Cc. der Milch zu 95 Cc. Wasser fliessen und giebt von der Mischung 5 Cc. (= 0,25 Cc. Milch) in ein Glaskästchen, dessen Gläser 1 Cm. von einander abstehen; dazu setzt er nun aus einer Bürette so lange Wasser zu, bis das Licht einer etwa 1 Meter entfernten Kerze eben durchschimmert, wenn er das Glaskästchen bei verfinstertem Zimmer ganz dicht vors Auge hält.

Nach Vogel braucht man für 100 Cc. Wasser 3,7 Cc. unverfälschter Milch, also für 5 Cc. Milch 135 Cc. Wasser.

Nach Bichelmayr ist der Fehler der Hoppe'schen Methode nur = 1,2 %, während der der Vogel'schen etwas grösser ist.

Der Werth der Milch beruht aber gleichzeitig auf ihrem Gehalt an aufgelösten Substanzen besonders Käsestoff, nicht nur auf dem an Buttertheilchen. Der Gehalt der ersten Art offenbart sich durch das specifische Gewicht, welches grösser ist bei reicher Milch und umgekehrt. Nimmt man das an der Senkwage gemessene specif. Gewicht als Massstab der Güte, so irrt man nur zu leicht, weil die Butter die Aräometergrade hinab- der Käsestoffgehalt aber dieselben hinaufdrückt. Es kann also eine Milch käsereich erscheinen, während sie in Wahrheit nur butterarm ist.

Da die Beschaffenheit der natürlichen Milch grossen Schwankungen unter-

worfen ist, so ist eine Verdünnung mit Wasser wohl nur bei extremeren Graden mit Bestimmtheit zu erkennen.

Die Milch wird nicht nur als Ganzes zur Nahrung verwendet. Man benutzt von jeher auch einzelne von den in ihr enthaltenen Stoffen für sich.

Vor allem ist hier die Butter zu nennen, die sich als Rahm bei längerem Stehen von der Milch absetzt und durch Schlagen und Schütteln — Buttern — vollkommen abgeschieden werden kann. Sie enthält stets auch nach sorgfältigem Auswaschen noch Bestandtheile der Milch in sich, welche ihr den eigenthümlichen Geschmack, aber auch den Fehler ertheilen, sehr leicht ranzig zu werden. Man vermeidet diese Zersetzung, welche die Butter ungeniessbar macht, auf zweierlei Weise: entweder durch Einsalzen, wodurch der Käsestoff wie die anderen Albuminate die Fähigkeit sich zu zersetzen verliert, oder dadurch, dass man den Käsestoff ganz entfernt, was durch Schmelzen der Fette geschieht, wobei der geronnene Käsestoff als eine graue schaumigte Masse — Butterschaum — auf der Oberfläsche sich ansammelt und abgeschöpft werden kann.

Die frische Butter enthält bis zu 1,5 % Käsestoff und oft mehr als 20 % Wasser.

Die von der Butterbereitung zurückbleibende Buttermilch besitzt noch die Hauptmenge der Nahrungsstoffe der Milch, fast allen Käsestoff, Zucker und Salze, auch das Fett fehlt nicht ganz. Sie ist also noch immerhin ein zu schätzendes Nahrungsmittel.

Auch das Caseïn wird von der Gesammtmilch getrennt, um als Nahrungsstoff leichter aufgehoben und versendet werden zu können. Doch wird bei der Käsebereitung meist mit dem Caseïn gleichzeitig das Fett der Milch abgeschieden. Die Käse enthalten mehr oder weniger Fett, je nachdem sie aus der ganzen Milch oder aus abgerahmter hergestellt wurden, wonach man fette und magere Käse unterscheidet. Die Gerinnung des Caseïns wird meist durch Lab, Kälbermagen, das entweder frisch oder geräuchert und gesalzen in Anwendung kommt, erzeugt, wozu schon eine erstaunlich geringe Labmenge hinreichend ist. Der Käse wird stark gesalzen längere Zeit aufbewahrt, bis er gereift ist. Dieser Zustand der Reife charakterisirt sich dadurch, dass der Käsestoff nun seine Löslichkeit in Wasser wieder erhalten hat, die er durch das Lab verloren hatte. Es scheint, dass dieses darauf beruht, dass sich das Natron des Kochsalzes mit dem Käsestoff verbunden hat zu Natronalbuminat, dem die Eigenschaft der Löslichkeit in Wasser zukommt, sodass der Käsestoff durch das Reifen wieder in einen Zustand übergeführt wird, wie er ihn in der frischen Milch besitzt. Zieht man die Butter aus dem Käse durch Aether aus, so findet sie sich, wie sich erwarten lässt, stark ranzig.

Aus der Schweiz kommt auch der Milchzucker in den Handel, den die Hirten aus der vom Käsestoff abgeseihten Molke durch Eindampfen herauskrystallisiren lassen.

Die von der Käsebereitung zurückbleibende Molke enthält ausser den Salzen und den gesammten Milchzucker auch noch, wenn die Gerinnung vorher durch Lab erfolgte, Albumin welches erst durch Erhitzen und Säurezusatz gerinnt. Die Wirkung der Molke als Genuss- oder Nahrungsmittel fällt ausser auf den Zucker sicher hauptsächlich auf die Milchsalze. —

Die Milch ist nicht das einzige vollkommene Nahrungsmittel, welches die Natur selbst zubereitet. Sie bietet den thierischen Organismen noch eine Anzahl anderer Nahrungsmittel dar, welche zur Ernährung vollkommen ausreichen: das Fleisch und die vegetabilischen Stoffe, welche die Nahrung der Pflanzenfresser ausmachen, und welche theils in grünen Pflanzentheilen, theils in Samen und Wurzeln enthalten sind.

Wir müssen annehmen, dass das Fleisch der Pflanzenfresser, von dem sich das Raubthier ernährt, vollkommen den Bedürfnissen des Letzteren entspricht. Es ist diese Thatsache um so leichter verständlich, weil die thierischen Körperstoffe hier direct aus einem Organismus in den Andern herüberwandern, und man sich vorstellen kann, dass die Stoffe nach ihrer neuen Aneignung von Seite des Fleischfressers in seinem Organismus direct dieselben Wirkungen werden entfalten können, zu denen sie in dem Leibe des Pflanzenfressers schon gedient haben.

Auch die Pflanzenstoffe, von denen sich die Pflanzenfresser nähren, müssen als vollkommene Nahrungsgemische angesehen werden, da sie die Erhaltung jener Organismen ohne weiteren Zusatz als Trinkwasser zu besorgen vermögen.

Der Mensch mischt seine Nahrung aus den Stoffen, auf welche die Natur die beiden grossen, letztgenannten Thiergruppen angewiesen hat.

Das Fleisch.

Das Fleisch, welches in den Haushaltungen zur Nahrung benutzt wird, ist durchaus nicht reine Muskelfaser sondern ist stets, abgesehen von dem gröberen und zarteren Bindegewebe, von dem es durchzogen wird, mit mehr oder weniger Fett umgeben und durchwachsen. In diesen beiden letzteren Beziehungen unterscheidet sich das Fleisch der verschiedenen Thierarten sehr wesentlich, während es in der chemischen Zusammensetzung seiner Fleischfaser kaum merkliche Unterschiede erkennen lässt. Die Verschiedenheiten, welche die Fleischsorten dem Geschmacke darbieten, beruhen theils auf noch nicht näher bekannten flüchtigen Stoffen, welche sich bei der Erhitzung des Fleischsaftes vielleicht theilweise erst erzeugen, theils auf der verschiedenen Mischung des Fettes, das sich nach den Thierspecies verschieden zusammengesetzt zeigt, bald mehr flüssig, bald mehr fest ist. Noch in den Muskeln verhungerter Thiere finden sich 2—3 % Fett. Nach Bibra liefern 100 Theile getrocknete Muskelsubstanz, aus der zuvor alles sichtbare Fett abgetrennt war, folgende Fettmengen:

Säugethiere (Oberschenkelmuskeln):

Mensch	7—15
Reh . .	7,3
Hase . .	5,3
Ochs .	21,8
Kalb . .	10,4
Schaf .	9,3

Vögel (Brustmuskel):
wilde Gans 8,8
wilde Ente 12,5
Truthahn 13,1
Huhn . . 2—5

Auch in anderen Beziehungen zeigt sich das Fleisch verschieden zusammengesetzt, wie aus den zahlreichen Analysen besonders von Schlossberger und Bibra hervorgeht. Von den Angaben des Letzteren stelle ich einige in folgender Tabelle zusammen:

Fleisch verschiedener Thiere:

in 1000 Theilen:	Mensch:	Ochs:	Kalb:	Reh:	Schwein:	Huhn:	Karpfen:
Wasser	744,5	776,0	780,6	746,3	783,0	773	797,8
feste Stoffe	255,5	224,0	219,4	253,7	217,0	227	202,2
lösliches Albumin Farbstoff	19,3	19,9	12,9	19,4	24,0	30	23,5
Glutin	20,7	19,8	14,2	5,0	8,0	12	—
Weingeistextract. .	37,1	30,0	12,9	47,5	17,0	14	34,7
Fett	23,0			13,0			11,1
unlösliche Eiweiss-stoffe, Gefässe etc.	155,4	154,3	149,4	168,1	168,1	165	113,1

In Beziehung auf die Extractmenge, die so wesentlich zum Wohlgeschmack beitragende Stoffe in sich birgt haben die älteren Untersuchungen ergeben, dass sie bei wilden Thieren im Allgemeinen bedeutender ist als bei zahmen derselben Gattung. Die Muskeln, welche im Leben angestrengter waren, liefern auch mehr Extracte (J. Ranke). Die bei der Action des Muskels auftretende Säure (Milchsäure) scheint das Fleisch wohlschmeckender und mürber zu machen. Dasselbe erreicht man auf natürlichem Wege durch Liegen- oder Hängenlassen des Fleisches, wobei es von selbst stark sauer wird, oder durch künstliche Säuerung durch Einlegen in Essig. Die Extractmengen im Fleische sind aber im Ganzen wenig verschieden; nach Bibra:

Gesammt-Extract
Mensch . 3 %
Reh . . . 4 %
Taube . . 3 %
Ente . . 4 %
Schwalbe 7 %

In der Fleischasche überwiegen die Kalisalze die Natronsalze sehr bedeutend, nach Liebig und Henneberg kommen

auf 100 Theile Natron:
im Fleisch des Huhnes 381 Kali
" " " Ochsen 279 "
" " " Pferd . 285 "
" " " Fuchs . 214 "
" " " Hecht . 497 "

Nach den Untersuchungen der Salze des Ochsenfleisches durch Stoelzel findet sich unter diesen gar kein Natron:

Asche des gesammten Fleisches

	Pferd: (Weber)	Kalb: (Staffel)	Ochs: (Stoelzel)	Schwein: (Echevarria)
K O	39,40	34,40	35,94	35,83
Na O	4,86	2,35	0	4,31
Cl K	0	0	10,22	0
Cl Na	1,47	10,59	0	Chlor 0,59
Mg O	3,88	1,45	3,31	4,56
Ca O	1,80	1,99	1,73	7,15
$Fe_2 O_3$	1,00	0,27	0,98	0,33
$P O_5$	46,74	48,13	34,36	42,16
$S O_3$	0,30	0	3,37	0
$Si O_3$	0	0,81	2,07	0
$C O_2$	0	0	8,02	0

Die Gesammtmenge an Asche ist bei dem Menschen und Säugethieren etwa 4 %, bei den Vögeln 5 %.

Liebig, dem wir die ausführliche Erforschung des Fleisches in chemischer Beziehung verdanken, hat auch Gesetze für die Fleischzubereitung als Nahrungsmittel aufgestellt.

Die Fleischzubereitung um es als Nahrungsmittel für den Menschen tauglich und schmackhaft zu machen, geschieht eigentlich nur auf dreierlei Wegen: es wird gebraten, gekocht und gedämpft. Durch diese verschiedenen Zubereitungsweisen wird das Fleisch in verschiedener Weise chemisch verändert.

Durch das Kochen in Wasser werden dem Fleische seine in heissem Wasser löslichen Bestandtheile entzogen, diese gehen in die Fleischbrühe über, welche ihnen ihren eigenthümlichen Geschmack und ihre belebende Wirkung als Genussmittel verdankt.

Wird das Fleisch langsam erwärmt, so löst sich ein nicht unbeträchtlicher Theil von Eiweisssubstanzen aus dem Muskelsafte auf, welcher bei Steigerung der Temperatur gerinnt und als eine graue, schaumige Masse, Fleischschaum, abgeschöpft wird und damit für die Ernährung verloren geht.

Unter den Stoffen, welche aus dem Fleische beim Kochen ausgelaugt werden, stehen die Fleischsalze obenan, welche fast alle in die Fleischbrühe übergehen. Im Fleische bleiben hauptsächlich nur die phosphorsauren Erden zurück.

Nach den Analysen von Keller findet sich die Asche des Ochsenfleisches in 100 Theilen zusammengesetzt aus:

Phosphorsäure	36,60
Kali	40,20
Erden und Eisenoxyd	5,69
Schwefelsäure	2,95
Chlorkalium	14,81

Von diesen Salzen gehen bei längerem Kochen 82,57 % in die Fleischbrühe!

Im Fleische bleiben nur:

Phosphorsäure .	10,36
Kali	4,78
Erden und Eisen	2,54

im Ganzen etwa 18 % der ursprünglich im Fleisch enthaltenen Salze. Eine Verbesserung tritt dadurch ein, wenn das Wasser, worin das Fleisch siedet, kalkhaltig ist. Es wird dann die ausgelangte Phosphorsäure als phosphorsaurer Kalk wieder auf das Fleisch niedergeschlagen.

Der Salzgehalt, ebenso aber auch der Gehalt des Fleisches an löslichen organischen Stoffen, welche in die Fleischbrühe übergehen: Kreatin, Kreatinin, milchsaure und inosinsaure Salze etc. ist für den Ernährungswerth des Fleisches von grosser Bedeutung. Geben wir dem thierischen Organismus die ausgelaugte Fleischfaser, so wird er erst nach Zusatz der nothwendigen Salze im Stande sein, daraus Fleisch für seinen Organismus zu bilden. Das ausgekochte Fleisch hat als Nahrungs stoff — Albumin — seinen Werth durchaus nicht verloren, dagegen ist sein Werth als Nahrungs mittel bedeutend herabgesetzt oder vernichtet, weil es nun nicht mehr jene für ein Nahrungsmittel nöthige Mischung von verschiedenen dem Organismus gleich nöthigen Stoffen darstellt.

Bei der gewöhnlichen Art des Fleischsiedens tritt der Auslaugungsprocess nicht vollkommen in dem Masse ein, wie man es vielleicht aus dem bisher Gesagten entnehmen könnte. Sobald die Temperatur des Fleisches bis zum Puncte der Gerinnung des Eiweisses gesteigert ist, bildet dieses einen Verschluss gegen das Eindringen des Wassers von aussen her und des Austretens von Fleischflüssigkeit. Der Auslaugungsprocess erstreckt sich also nur auf eine geringere Tiefe, wenn das Sieden des Fleisches nicht allzu langsam vorgenommen wird.

Es ergicbt sich aus dieser Betrachtung sogleich die Verschiedenheit der Methode, welche angewendet werden muss, um entweder ein wohlschmeckendes, saftiges Fleisch oder eine gute, gehaltreiche Fleischbrühe zu erhalten. Wenn wir das Fleisch fein wie zur Wurstbereitung zerhacken und mit viel Wasser kalt auslaugen, so erhalten wir in die Fleischbrühe fast alle löslichen Stoffe des Fleisches. Nach den Untersuchungen von Liebig lösen sich auf diese Weise von 1000 Theilen Ochsenfleisch 60 Theile auf und zwar 29,5 Theile Albumin und 30,5 lösliche Salze und Extractivstoffe, welche letztere allein in die heisse Fleischbrühe übergehen. Vom Hühnerfleische lösen sich auf die gleiche Weise abgesehen von dem Albumin etwas mehr Stoffe nämlich 33,0, sodass daraus die bessere Qualität der Hühnersuppe sich erklärt. Im allergünstigsten Falle könnte also das Wasser aus dem Ochsenfleische nur 3 % aufnehmen, welche bei der heissbereiteten Fleischbrühe noch durch eine geringe Menge obenauf schwimmendes Fett und Leim vermehrt werden würde, welch letzterer aus der Umwandlung des Bindegewebes — der leimgebenden Substanzen — hervorgeht. Je jünger das Thier ist, desto weniger hat noch die Veränderung des Bindegewebes in elastisches Gewebe, das durch Kochen nicht mehr in Leim übergeführt werden kann, Platz gegriffen; um so leimreicher wird also die Fleischbrühe sein. 1000 Theile ausgelaugtes Ochsenfleisch geben 6, Kalbfleisch 47,5 Theile trockenen Leim. Offenbar sind die verschiedenen

Fleischbrühen von verschiedenen Fleischsorten im Leimgehalt sehr bedeutend verschieden. Da die Leimgallerte ein Nahrungsstoff ist, der in seinem Nahrungswerth für den Organismus noch höher als der Zucker und das Stärkemehl steht, so muss die Nahrhaftigkeit der Fleischbrühen ziemlich wechselnd sein. Wir werden noch auf diese äusserst wichtige Frage zurückkommen.

Bei dem Sieden verliert das Fleisch sehr bedeutend an Gewicht, viel mehr als der Verlust der aufgelösten Stoffe beträgt. Es scheint diese Thatsache, dass Ochsenfleisch 15, Hammelfleisch 10, Hühnerfleisch 13,5 Procent an Gewicht durch das Kochen verliert, zuerst ganz unerklärlich. Es ergiebt sich aber, dass der Wassergehalt des Fleisches bei dem Kochen sehr bedeutend vermindert wird. Wenn wir Fleisch in Dampf erhitzen, so sehen wir es sehr bald sich mit Flüssigkeit beschlagen, welche sich bei der Untersuchung als Fleischflüssigkeit herausstellt. Es erinnert diese Beobachtung an die von G. von Liebig beobachtete Ausscheidung von Muskelflüssigkeit, wenn sich der Muskel längere Zeit in einer Kohlensäure-Atmosphäre befindet: Die todte Muskelmembran — Sarcolemma — verliert die Fähigkeit, ihren flüssigen Inhalt zurückzuhalten. Ein Pfund gekochtes Fleisch enthält also abgesehen von dem Verluste an löslichen Stoffen weit mehr nährende Bestandtheile als ein Pfund rohes Fleisch.

Bringt man das Fleisch direct in siedendes Wasser und lässt es darin einigemale aufwallen, so erhält man eine sehr schwache, wenig schmackhafte, Fleischbrühe, denn die löslichen Fleischstoffe bleiben fast alle durch die rasch entstandene Eiweisshülle geschützt in dem Fleische zurück, aber das Fleisch selbst bekommt einen bratenartigen Geschmack und zeigt sich vorzüglich saftig. Der Process des B r a t e n s ist dem eben geschilderten ganz analog. Das Fleisch wird in Fett erhitzt, durch dessen hohe Temperatur sich sehr rasch eine für die Flüssigkeit des Fleisches undurchdringliche Hülle bildet, welche durch das eindringende Fett für die wässerige Flüssigkeit noch unwegsamer wird. Dadurch wird der Saft sehr vollständig zurückgehalten, sodass das Fleisch saftig und zart bleibt. Es ist selbstverständlich, dass die Erhitzung des Bratens möglichst gleichmässig erfolgen muss; so ist die Nothwendigkeit des Uebergiessens des Bratens mit heissem Fett zu verstehen, welches möglichst rasch und vollständig seine mehr freiliegenden Theile durch eine geronnene Eiweissschichte vor dem sonst unvermeidlich eintretenden Vertrocknen schützt.

Eine ganz falsche Ansicht findet sich über die Wirkung der Hitze verbreitet, der wir manches zähe, ungeniessbare Stück Fleisch verdanken. Man glaubt, je grösser der Hitzegrad, desto weicher müsste das Fleisch werden. Ebensowenig wie wir durch langes Sieden ein Ei weich bekommen, ist dieses bei dem Fleische möglich. Durch die Siedehitze wird die Fleischfaser nach und nach fest und hart, schliesslich hornartig, wovon wir uns leicht durch längeres Kochen von gehacktem Fleische überzeugen können.

Um Fleisch saftig gar zu bekommen, muss es einige Zeit auf einer Temperatur von etwa 70° erhalten werden. Bei grossen Fleischstücken regulirt sich die Temperatur von selbst. Wir beobachten, dass ein eingestecktes Thermometer nicht über 70° im Innern des Stückes selbst bei längerem Braten oder Kochen steigt. Ein sichtbares Zeichen davon ist die blutige Beschaffenheit des Fleischsaftes im Innern grosser Fleischstücke, welche beweist, dass die Hitze

nicht vollständig eingedrungen, da schon bei 70° die Gerinnung des Blutes vollkommen ist.

Bei dem Dämpfen des Fleisches wird die Uebertragung der höheren Temperatur auf dasselbe dem Wasserdampfe überlassen.

Auch beim Braten findet ein Gewichtsverlust Statt; Rindfleisch verliert 19, Hammel- 24, Lamm- 22, Hühnerfleisch 24 % seines Gewichts.

Wir haben in dem Fleische, wenn wir es als Nahrungsmittel betrachten, eine Mischung von eiweissartigen Stoffen, Fett, leimgebender Substanz und anorganischen Salzen, denen noch organische Extractivstoffe beigemischt sind.

Bei der Milch ergaben sich eine Reihe von Zubereitungsmethoden, welche einzelne Bestandtheile der Mischung herausnahmen, um sie leichter conserviren und verwerthen zu können. Wir finden dasselbe bei dem Fleische. Um es leichter zu conserviren, wird ihm Wasser entzogen, wodurch es vor der Fäulniss geschützt wird. Diese Wasserentziehung kann durch Trocknen des in dünne Streifen geschnittenen fettfreien Fleisches an der freien Luft geschehen, wie es die Indianerstämme Nordamerika's als Pemmikan auf ihre Jagdzüge mit zu nehmen pflegen.

Nicht so gründlich ist die Austrocknung durch das Räuchern, wobei die Producte der Holzdestillation noch eine antiseptische, fäulnisswidrige Wirkung entfalten. Aehnlich ist es bei dem Einsalzen, wobei dem Fleische auch eine grosse Menge Wassers entzogen wird und das Salz das halbgetrocknete Fleisch vor Fäulniss schützt.

Die letztere Methode leidet an einem in die Augen springenden Uebelstand. Bei dem Einsalzen tritt Wasser aus dem Fleische zu dem Salze, mit ihm aber auch die Hauptmenge der in der Fleischflüssigkeit gelösten Stoffe. Wir müssen also das gesalzene Fleisch von demselben Gesichtspunct wie das gekochte für wesentlich in seinem Werthe als Nahrungsmittel beeinträchtigt ansehen. Die Fleischeiweissstoffe behalten natürlich auch hier ihren Nahrungswerth an sich, aber sie bedürfen, um im Organismus wieder zu Fleisch werden zu können, der Salze wieder, die ihm vom Kochsalz entzogen wurden. Liebig hat vorgeschlagen, die Salzlake einzudampfen bis das Kochsalz herauskrystallisirt und und die rückbleibende concentrirte Fleischflüssigkeit zum Fleische mit zu geniessen. Gewöhnlich findet man das Salzfleisch von einer weissen Kruste bedeckt. Es rührt dieselbe daher, dass das zum Einsalzen verwendete Kochsalz auch Kalk- und Magnesiasalze als Verunreinigung in sich enthält. Die Phosphorsäure des Fleischsaftes bildet mit ihnen die bekannten unlöslichen Salze, welche sich auf dem Fleische niederschlagen. Nichts wäre weniger zweckmässig, als diese weisse Kruste entfernen zu wollen, die den durch die Zubereitung gesetzten Mangel wenigstens theilweise ausgleicht.

Die Fähigkeit eines Theiles der Fleischeiweissstoffe, sich in sehr verdünnter Salzsäure zu lösen, veranlasste Liebig zur Herstellung eines Fleischpräparates, welches die Hauptbestandtheile des Fleisches — Eiweissstoffe und Salze — dem Organismus in gelöster, wie wir später noch näher erkennen werden, schon halb verdauter Form zuführt und welches darum für Kranke, denen keine feste Nahrung gereicht werden kann, den Fleischgenuss fast vollkommen zu ersetzen vermag. Dieser kalt bereitete Fleischaufguss, der auch in den Arzeneischatz aufgenommen ist, kann unter Umständen die einzige

Lebensrettung für Kranke sein. Es ist klar, dass man das zu einem vollkommenen Nahrungsmittel noch Fehlende — Kohlehydrate — eben so in gelöster Form neben dem Fleischauszug noch zu reichen hat, da ja dem wässrigen Infuse kein Fett beigemischt ist. Zur Bereitung des Infuses — Infusum carnis frigide paratum Liebig — setzt man dem feinzerhackten Fleische eine sehr verdünnte (1 per mill) Salzsäure zu. Schon nach einer halben Stunde lässt sich in der Flüssigkeit, die man häufig umrührt, ein bedeutender Eiweissgehalt nachweisen. Natürlich muss das Infus kalt genossen werden, durch Kochsalzzusatz fällt der grösste Theil des Albumins heraus.

Etwas vollkommen anderes als dieses Infusum carnis ist das auch vor allem von Liebig empfohlene Extractum carnis, welches in letzter Zeit von Südamerika in grösseren Partien in den Handel kommt. Das Fleischextract ist nichts anderes als eine aus Ochsenfleisch bereitete, eingedickte Fleischbrühe, welcher möglichst wenig Leim beigemischt ist.

Fragen wir uns, hat dieses Fleischextract einen Werth als Nahrungsmittel?

Unsere Antwort fällt bestimmt bejahend aus, obwohl in ganz anderem Sinne als man diese Antwort gewöhnlich aufzufassen pflegt.

Das Extract enthält vor allem die dem Organismus zur Bildung seines Fleisches dienlichen anorganischen Salze. Da diese zur Ernährung nothwendig gehören, so haben wir sie auch als Nahrungsstoffe bezeichnet. Doch wird Niemand auf den Gedanken kommen können, dasssie allein im Stande sein könnten, die Ernährung zu unterhalten. Sie können dazu nur mitwirken, wenn auch die übrigen nothwendigen Bedingungen erfüllt sind, wenn dem Organismus Eiweissstoffe und Fette oder an Stelle der letzteren Kohlehydrate in genügender Menge gleichzeitig geboten werden. Die geringe Menge organischer Materie, welche in dem Fleischextracte neben den Salzen enthalten ist, wird im Sinne der zweiten Nahrungsstoffgruppe — der stickstofffreien wirksam werden können, wenigstens gilt dieses von der Milchsäure und der übrigen etwa in ihm enthaltenen, der Gruppe der Kohlehydrate angehörenden oder ihr nahe stehenden Stoffe. Ob die stickstoffhaltigen Säuren und Basen, die es enthält, noch zu eigentlichen Ernährungszwecken dienen können, ist sehr fraglich, da sie sich bekanntlich im Harne wieder finden.

So ist also die Nährfähigkeit das Fleischextractes nur eine beschränkte. Es wird einem vom Organismus tiefempfundenen Mangel abhelfen können bei dem Genusse von gesalzenem oder sonst seiner Salze beraubtem Fleische, dem es das ihm Fehlende zurückerstattet. Es wird dann die Ernährung zu einer vollkommeneren machen, als eine solche sonst ohne dasselbe sein würde. Allein genossen vermag aber das Fleischextract das Leben des Menschen nicht zu erhalten.

Dieses Urtheil über den Nahrungswerth der Fleischbrühe und des gleichwerthigen Fleischextractes ist durchaus nicht gewillt, die Bedeutung dieser Stoffe, welche eine tausendjährige Erfahrung dem Gesunden wie dem Kranken gelehrt hat, irgendwie zu bezweifeln oder zu bemäkeln. Es steht fest in dem Bewusstsein jedes Arztes und jedes Deutschen, die wir uns an dem Genusse der Fleischbrühsuppen täglich erquicken, dass dem Fleischextracte ein hoher Werth ebenso im Haushalte des Organismus als in unseren Haushaltungen zugeschrieben werden müsse. Was giebt nach Ermüdung oder in krankhaften

Schwächezuständen mehr das Gefühl der Kräftigung und Stärkung als eine kräftige Fleischsuppe! Das Fleischextract, sagt Parmentier, bietet im Gefolge eines Truppencorps den schwerverwundeten Soldaten ein Stärkungsmittel dar, welches mit etwas Wein seine durch einen grossen Blutverlust geschwächten Kräfte augenblicklich hebt und ihn in den Stand setzt, den Transport in das nächste Hospital zu ertragen.

Wir wissen schon worauf diese belebende Wirkung der Fleischbrühe beruht. Es sind die sauren, phosphorsauren Salze, die sie in so enormer Menge enthält, so wie die Milchsäure und ihre sauren Salze, welche eine nervenbelebende Wirkung in geringeren Dosen besitzen. Dazu kommt noch der angenehme Geruch und Geschmack des Fleisches, der in Schwächezuständen gewöhnlich noch lebhafter als angenehm empfunden wird als sonst.

Wir haben also in der Fleischbrühe ein von der Natur selbst uns zubereitetes Nervenreizmittel. Seine angenehmen, durch schädliche Nachwehen nicht belästigenden Wirkungen beweisen uns, dass es für den geschwächten Organismus kein entsprechenderes Heil- oder Belebungsmittel geben kann.

Nach dieser Betrachtung sehen wir den Salzgehalt in den Nahrungsmitteln überhaupt mit anderen Augen als bisher an, nachdem wir nun wissen, dass derselbe wenigstens eine doppelte Function zu erfüllen hat; besonders sind es die weitverbreiteten, sauren, phosphorsauren Salze, welche für uns an Bedeutung gewinnen.

Bei der Milchmolke haben wir schon den Gedanken ausgesprochen, dass sie ihre stärkende Wirkung vielleicht ihrem Salzgehalt, der mit dem des Fleisches in qualitativer Beziehung nahe übereinstimmt, verdanken könnte.

Liebig macht darauf aufmerksam, dass die Salze sicher auch für den Verdauungsprocess mit wirksam werden. Sie thuen dieses auch in einem indirecten Wege, indem sie durch die von ihnen vermittelten Geschmacksreize und Reize der Magenschleimhaut, sowohl die Speichelabsonderung als die Absonderung des Magensaftes befördern. In erster Beziehung sind auch besonders die schmeckbaren organischen Stoffe des Fleischextractes wirksam. Wir wissen wie stark unter ihrer Einwirkung bei dem Essen die Speichelsecretion eintritt; bei dem Hungrigen beginnt sie schon in hohem Masse bei dem Riechen des Bratens, noch ehe ihn die Lippen berührt haben.

Etwas ganz anderes als Fleischextract sind die sogenannten Bouillontafeln, die ihrer Hauptmasse nach aus Leim bestehen. In früherer Zeit suchte man den Werth der Fleischbrühe hauptsächlich in ihrem Leimgehalte; man stellte dann Gallertsuppen dar, die viel reicher an Leim waren als die aus Fleisch dargestellten, durch Kochen von Knochen in verschlossenen Gefässen bei erhöhter Dampfspannung. Auf diese Weise erhält man neben Fett 28% Gallerte (trockene). Man kann beide: Fleischextractsuppe und Gallertsuppe, leicht dadurch unterscheiden, dass man sie bei 100° eindampft und den Rückstand mit Alkohol behandelt. Das Fleischextract soll sich zu $^4/_5$ in Weingeist lösen, während von der Bouillontafel fast Nichts in Lösung geht.

Wird die Gallertsuppe mit dem nöthigen Fleischzusatz genossen, so kann ihr ein Nahrungswerth nicht abgesprochen werden. Ebenso anderen aus Leim bestehenden Gerichten: den aus Kalbsfüssen, Hausenblase dargestellten Gelatinen, den Kalbsfüssen selbst etc.

Das Fleisch (Ochsenfleisch), das vom Metzger geholt wird, enthält im Grossen und Ganzen etwa 33% Fett.

Die Fette der verschiedenen zur Nahrung verwendeten Fleischsorten sind ziemlich ähnlich zusammengesetzt.

Das Menschenfett, welches durch den Fettgenuss erzeugt werden soll, ist weich, schmilzt bei 25° C. und ist aus den Glyceriden der Stearinsäure, Palmitinsäure und Oelsäure zusammengesetzt. Seine Elementaranalyse ergiebt nach CHEVREUL:

C	79,00
H	11,42
O	9,58

Nach demselben Autor zeigen die anderen Fettsorten: Schweineschmalz, Hammeltalg genau die gleiche elementare Zusammensetzung, obwohl die Quantitäten ihrer Mischung aus verschiedenen Fetten nicht harmoniren:

	Schweineschmalz:	Hammeltalg:
C	79,10	79,00
H	11,15	11,70
O	9,75	9,30

Hammeltalg und Rindstalg bestehen qualitativ aus den gleichen Glyceriden wie das Menschenfett, doch überwiegen in beiden, noch mehr in dem zweiten die festen Fettsäuren (Stearinsäure) weit über die Oelsäure. Das Schweineschmalz besteht fast nur aus Palmitinsäure- und Oelsäure-Glycerid. Das Gänsefett ist quantitativ dem Menschenfett am ähnlichsten zusammengesetzt.

Der Leberthran, zu unterscheiden von dem Fischthran, aus dem Fette der Wallfische und Robben bereitet, wird in neuerer Zeit als medicinisches Nahrungsmittel vielfach verwendet. Es wird aus den Lebern verschiedener Gadus-(Schellfisch-)arten: G. callarias, G. carbonarius, G. pollachius, G. Morrhua besonders in Norwegen dargestellt. Der weisse Leberthran wird durch freiwilliges Ausfliessen des Oels aus den aufgeschichteten Fischlebern, der braune durch Auspressen und Auskochen gewonnen. Er besteht hauptsächlich aus Oelsäureglycerid, flüchtige Fettsäuren, Gallenstoffe, geringe Mengen: 0,05% Iod und Brom. Unter seinen Mineralbestandtheilen findet sich phosphorsaurer Kalk, wodurch er für die Knochenbildung wichtig werden kann.

Getreide und andere vegetabilische Nahrungsmittel.

Der Wilde ist im Stande von Fleisch allein, dem er nur noch Speck oder Fett zusetzt, zu leben. Die Gesittung der Welt ist an die Kenntniss des Getreidebaues geknüpft. Dieser macht es möglich, dass auf einen verhältnissmässig kleinen Raum zusammengedrängt eine bedeutende Anzahl von Bewohnern gesellig ihren Lebensunterhalt zu finden vermag, während der Jäger jeden Fremden, der das Jagdgebiet betritt, von dem er seine mühselig erkämpfte spärliche Nahrung zieht, als seinen natürlichen Feind betrachten muss. Die Civilisation, die in dem geselligen Zustande der Menschen wurzelt, hat ihren letzten Grund in der vergleichsweise mühelosen Art, mit welcher der Ackers-

mann im Verhältniss zum Jäger nicht nur Nahrung für sich sondern auch für Andere, die nicht auf dem Felde arbeiten, zu gewinnen vermag.

Diese Wahrheiten können unmöglich praktischer und einschlagender dargestellt werden als in jener Rede eines nordamerikanischen Häuptlings, welche uns Crèvecoeur aufbewahrt hat, mit welcher jener seinem Stamme den Missisaës zum Ackerbau räth:

»Seht ihr nicht, dass die Weissen von Körnern, wir aber von Fleisch leben? Dass das Fleisch mehr als 30 Monate braucht, um heranzuwachsen und oft selten ist? Dass jedes jener wunderbaren Körner, die sie in die Erde streuen, ihnen mehr als hundertfältig zurückgiebt? Dass das Fleisch, wovon wir leben, vier Beine hat zum Entfliehen, wir aber deren nur zwei besitzen, um es zu haschen? Dass die Körner, da wo die weissen Männer sie hinsäen, bleiben und wachsen? Dass der Winter, der für uns die Zeit unserer mühsamen Jagden, ihnen die Zeit der Ruhe ist? Darum haben sie so viele Kinder und leben länger als wir. Ich sage also Jedem, der mich hören will, bevor die Cedern unseres Dorfes vor Alter werden abgestorben sein, und die Ahornbäume des Thales aufhören, uns Zucker zu geben, wird das Geschlecht der kleinen Kornsäer das Geschlecht der Fleischesser vertilgt haben, sofern diese Jäger sich nicht entschliessen zu säen.« Ein wahrhaft welthistorisches Wort!

Der Grund, warum die Menschheit seit den ältesten Zeiten auf den Anbau der Körner- und Hülsenfrüchte gekommen ist, scheint von physiologischer Seite betrachtet, der zu sein, dass diese eingeschlossen in eine unlösliche, ungeniessbare Hülle eine Mischung von Nahrungsstoffen enthalten, welche in allen Beziehungen der Milch sehr ähnlich ist. Wir finden hier die gleichen anorganischen Salze, die Salze des Blutes, reichlich gemischt mit organischen Stoffen, welche theilweise der Gruppe der Albuminate, theilweise der Kohlehydrate und Fette angehört. Doch sind letztere nur in geringer Menge vorhanden.

Die Hauptbestandtheile sind, wie uns aus der Zellenchemie schon bekannt, das Pflanzeneiweiss und das Stärkemehl. Es bleiben uns noch die Aschenbestandtheile des Getreides zu betrachten. Nach Will und Fresenius enthält in 100 Theilen Asche

	rother Weizen:	weisser Weizen:
Kali	21,87	33,84
Natron	15,75	—
Kalk	1,93	3,09
Magnesia	9,60	13,54
Eisenoxyd	1,36	0,31
Phosphorsäure	49,36	49,21
Schwefelsäure	—	—
Kieselerde	0,15	—

Auffallend ist es, wie vollkommen in diesen Pflanzengeweben, das eine Alkali das andere ersetzen kann, wie die zweite der Tabellen lehrt, während bei den Thieren und ihren Organen die einzelnen Alkalien so verschiedene Wirkungen hervorbringen.

Das Mehl, welches man aus den Getreidefrüchten bereitet, weicht je nach seiner grösseren oder geringeren Reinheit von Kleie von der Zusammen-

setzung des Gesammtkornes ab. PAYEN fand, dass die Pflanzeneiweissstoffe, der Kleber in den äusseren Theilen des Kornes in grösserer Menge angehäuft seien, wie in den inneren, so dass also derjenige Antheil des Mehles, welcher bei der Kleie bleibt, gerade der kleberreichste ist. Das Mehl in der Kleie enthält bis zur Hälfte mehr Eiweisssubstanzen als das Mehl von dem Kerninnern. Es rechtfertigt sich daraus der Gebrauch einiger Gegenden, aus dem Gesammtmehl mit der Kleie das Brod zu backen, wie es in Westphalen bei dem als Pumpernickel bekannten Brode geschieht.

Die verschiedenen Getreidearten weichen nicht wesentlich in der Zusammensetzung von einander ab.

In 100 Theilen trockenem Mehl sind an Eiweissstoffen enthalten:

Weizen	16,52 %
Roggen	11,92 ,,
Gerste	17,70 ,,
Mais	13,65 ,,
Reis	7,40 ,,
Buchweizen	6,88—10,5 %.

An Stärkemehl enthalten 100 Theile:

Weizen	56,25 %
Roggen	60,91 ,,
Gerste	38,31 ,,
Mais	77,74 ,,
Reis	86,21 ,,
Buchweizen	65,05 ,,

Die Praxis hat seit lange den Buchweizen zu den Getreidefrüchten gezogen. Die chemische Analyse bestätigt dieses vollkommen, da sie besonders eine fast absolute Uebereinstimmung des Buchweizens mit dem Roggen bemerkt, die vor allem auch in der Asche sehr deutlich sich herausstellt.

Die Hülsenfrüchte stehen in ihrer Zusammensetzung den Getreidearten sehr nahe, doch überwiegt bei ihnen der Gehalt an Eiweissstoffen ziemlich bedeutend. Diese werden hier mit dem Namen Legumin oder nach LIEBIG Pflanzencaseïn bezeichnet. Es rührt dieser Name daher, dass sie sich vollkommen dem Caseïn der Milch analog verhalten.

Wenn man Erbsen, Bohnen oder Linsen, welche einige Zeit in lauem Wasser gequollen waren, zu einem Brei zerreibt und diesen durchseiht, so bildet sich in der abgeseihten Flüssigkeit, die schon dem Aussehen nach eine Aehnlichkeit mit Milch besitzt, ein starker Bodensatz, der aus Stärkemehl besteht, das Pflanzencaseïn bleibt gelöst. Die Auflösung ist trübe und nimmt leicht von selbst durch Milchsäurebildung wie die Milch eine saure Reaction an, die rasch zunimmt und das Caseïn gerinnen macht, so dass sich dieses nach etwa 24 Stunden ausgeschieden hat. Die Flüssigkeit gesteht dann zu einer zarten, gallertigen Masse. Man kann die Flüssigkeit ebenso wie die Milch durch Sieden vor dem Gerinnen schützen, wobei gerade wie dort eine Haut auf der Oberfläche entsteht.

Die Chinesen bereiten aus Erbsen einen wirklichen Käse, den sie Toa-foo nennen, und den man häufig auf den Strassen von Canton verkaufen sieht. Er

enthält natürlich auch noch Stärke neben dem Pflanzencasein, ist aber sonst eben so gesalzen und zubereitet wie Käse.

Zucker, der in allen Getreidearten sich findet, kommt bei den Leguminosen mit Ausnahme der Zuckererbse nicht vor. Dagegen findet sich in ihnen wie im Getreide Gummi, Schleim und Fett oder vielmehr jener wachsartige Körper, der sich aus fast allen Pflanzenstoffen gewinnen lässt.

Nach den Analysen von Horsford und Krocker enthalten 100 Theile trockene Substanz an

	Eiweissstoffen	und Stärkemehl
Tischerbsen . .	28,02	38,84
Tischbohnen . .	28,54	37,50
Linsen	29,31	40,00

Die Asche der Hülsenfrüchte zeigt einen geringeren Phosphorsäuregehalt aber eine bedeutendere Menge von Schwefelsäure als die Getreideasche. —

Die Kartoffel unterscheidet sich von den bisher genannten Früchten nicht wesentlich, nur besitzt sie einen weit höheren Wassergehalt als diese, wodurch ihr Nahrungswerth für das gleiche Gewicht sehr bedeutend herabgesetzt wird. Während der Wassergehalt der bisher genannten Samen etwa 14% beträgt, und nach den besten Untersuchungen von 9% bis höchstens 19% schwankt, stellt sich der Wassergehalt der Kartoffel zwischen 70—81%! so dass sie demnach nur zwischen 19—30% feste Theile enthält.

In den Zellen, aus welchen die Knolle der Kartoffel besteht, finden sich an den Wänden Stärkemehlkörnchen abgelagert, übrigens sind sie mit Flüssigkeit gefüllt, in welcher die stickstoffhaltigen Bestandtheile gelöst sind: Eiweiss und eine Spur $^1/_{1000}$ eines nichtgiftigen krystallisirbaren Stoffes, der nach seinem Vorkommen im Sparehel den Namen Asparagin erhält. Der Saft der frischen Kartoffel ist sauer von Phosphorsäure, Salzsäure und Aepfelsäure. Schwefelsäure fehlt in ihm. Die Zellenhüllen unterscheiden sich von der Zellensubstanz — Holzfaser — der meisten übrigen Pflanzen dadurch, dass sie durch Kochen gallertig und durch verdünnte Säuren in Zucker und Gummi verwandelt wird, so dass sie also mit zur Ernährung beitragen kann. In den Keimen der Kartoffeln entwickelt sich eine giftige organische Basis, das nicht krystallisirbare Solanin, welches in ungekeimten Kartoffeln nicht gefunden wird. Wenn Kartoffeln frieren, so zeigen sie sich nach dem Aufthauen zuckerreicher, süsser. Man muss die gefrorenen Kartoffeln, die ohne allen Schaden gegessen werden können, so lange sie nicht gefault sind, dadurch vor dem Welken und der Fäulniss schützen, dass man sie gefroren erhält, wenn man sie nicht sogleich verwenden kann. Der Frost zerstört die normale Structur der Zellhüllen. Das Welkwerden kommt von einer rasch eintretenden Wasserverdunstung durch die Zellhüllen, die ihre Lebenseigenschaft: Wasser zurückzuhalten, verloren haben (ähnlich wie bei der Fleischfaser).

Der Stärkegehalt der Kartoffeln schwankt zwischen 16% und 23% der feuchten Kartoffel.

Der Eiweissgehalt beträgt etwa 2,5%.

Auf trockene Substanz berechnet ergiebt sich der Eiweissgehalt etwa zu 8%, der Stärkegehalt zu 70,8%.

In der Kartoffelasche wiegen die Alkalien vor: 60% Kali, dagegen tritt die Phosphorsäure zurück 13%. Die Asche enthält Schwefelsäure 8%, da sie in dem Safte fehlt, so muss sie sich erst bei dem Verbrennen des Eiweisses der Kartoffel bilden.

Die Zubereitung der Feldfrüchte zum Genuss für den Menschen lässt sich nach denselben bei den Gesichtspuncten betrachten wie die Zubereitung der bisher besprochenen Nahrungsmittel. Auch hier will man entweder die ganze Frucht, wie sie die Natur darbietet, verwenden, oder nur einzelne Nahrungsbestandtheile derselben gewinnen.

Im letzteren Sinne haben wir jene Käsebereitung aus Hülsenfrüchten schon besprochen. Hierher gehört auch die Stärkemehlgewinnung aus den Kartoffeln und Getreidesamen, ebenso die Bierbrauerei und Branntweinbrennerei aus Getreide und Kartoffeln, bei welchen das Stärkemehl zuerst in Zucker und dieser dann in Alkohol umgewandelt wird. Der Rückstand, welcher von der Alkoholbereitung in beiden Fällen bleibt, hat noch einen hohen Nahrungswerth. Es enthalten die Schlempe und die Trebern noch fast alle Eiweisskörper und einen Theil der stickstofflosen Bestandtheile, wodurch sie als Viehfutter einen hohen Werth behaupten.

Wichtiger für unsere Betrachtung ist die Bereitung des Mehles zum Brode.

Es wird dabei das Mehl in eine chemische und physikalische Beschaffenheit übergeführt, in der es sowohl von den Kauwerkzeugen gehörig bearbeitet als auch von den Verdauungssäften leicht verändert werden kann.

Die rohe Stärke ist an sich für den menschlichen Organismus kaum in grösseren Quantitäten verdaulich. Sie wird es aber durch die gleichzeitige Einwirkung von Hitze und Feuchtigkeit, welche sie in den gequollenen Zustand überführt. Während diese beiden Agentien auf die Stärke einwirken, bleiben sie auch nicht ohne Einfluss auf die Eiweissstoffe des Mehles. Diese fangen an sich zu zersetzen und als Fermente, als Gährungserreger auf den Zucker zu wirken, welcher schon anfänglich in den Getreidesamen vorhanden ist und sich im Mehle noch weiter erzeugt, wo er unter Umständen 3—4 Procent betragen kann. Während also die Stärke löslich wird, geht gleichzeitig ein Process der Alkoholgährung und Kohlensäureentwickelung in dem Teige vor sich.

Bei dem Backen des Brodes wird diese Alkoholgährung, welche schon an und für sich im Teige, aber nur langsam erfolgt, durch künstliche Gährungsmittel, welche man möglichst gleichmässig dem Teige zumischt, in höherem Masse und gleichzeitig im ganzen Brode angeregt. Es wird dem Teige zu diesem Zwecke entweder Hefe oder Sauerteig zugesetzt; letzterer ist ein Stück Teig, welches längere Zeit aufbewahrt, in starke Gährung übergegangen ist. Als Sauerteig — er hat seinen Namen davon, dass die Gährung nicht bei der Alkoholbildung stehen bleibt, sondern bald auch saure Producte: Milchsäure erzeugt — wird von der letzten Brodbereitung immer ein Theil des Brodteiges aufgehoben. Da auf dem Lande zwischen dem Backen eine längere Zeit verläuft, wird er natürlich stärker sauer und giebt dadurch Veranlassung zu der gewöhnlich sauren Beschaffenheit des Landbrodes.

Die Gasentwickelung bei der Gährung, welche man vor dem eigentlichen Backen meist in einem gewärmten Raume erfolgen lässt — Gehen des Tei-

ges — hat vor allem den mechanischen Zweck der Auflockerung. Der Brodteig wird so zäh gemacht, dass die sich entwickelnden Gasblasen in ihm nicht wie in einer Flüssigkeit an die Oberfläche steigen können, sie bleiben an dem Ort ihrer Entstehung und dehnen sich hier bei Steigerung der Hitze aus. Daher erlangt das gute Brod seine lockere Beschaffenheit, die es vor dem nicht gelungenen, speckigen als ein weit besser verdauliches Nahrungsmittel auszeichnet.

Bei dem gewöhnlichen schwarzen oder Roggenbrode wird dem Mehle nur noch Wasser und Kochsalz zugesetzt neben dem Stückchen alten Mehlteig, der die Gährungserregung übernimmt. Bei dem Weissbrode aus Weizenmehl bestehend, wird die Gährung meist durch Hefe hervorgerufen.

Nur den Kunstbackwerken werden noch Milch, Butter oder Eier zugesetzt, wodurch natürlich ihr Nahrungswerth sehr gesteigert werden kann. Sie spielen aber im Verhältniss zu den besprochenen Volksnahrungsmitteln: Schwarzbrod in Deutschland und Russland, Weissbrod in England und Frankreich eine nur verschwindende Rolle.

Bei dem Backen wird das Brod durch eine harte Kruste vor dem allzustarken Verdunsten des Wassers geschützt. Diese Kruste, welche die Einwirkung der Hitze im höchsten Masse erfahren hat, ist zum Theil durch Röstung zersetzt, ein Theil ist in Stärkegummi, andere noch weiter verändert. Die gebildeten Zersetzungsproducte gehören wesentlich zum Wohlgeschmack des Brodes. Auch die Zuckerbildung geht während des Backens im Brode noch fort, so dass z. B. die gebackenen Semmeln mehr Zucker enthalten als der ungebackene Teig, da die in heissem Wasser gequollene Stärke beim Erhitzen sich in Gummi und Zucker verwandelt, was durch verdünnte Säuren noch beschleunigt werden kann.

Es ist hier noch zu erwähnen, dass das Stärkemehl der verschiedensten Früchte vollkommen in der chemischen Zusammensetzung identisch ist. Das Kartoffelstärkemehl unterscheidet sich chemisch und physiologisch nicht von dem Arrowroot (Pfeilwurzelstärkemehl), ebensowenig der Sago-Stärke aus dem Marke der Palmen, oder von der Stärke des Isländischen Mooses. Nur die Gestalt der Stärkekörnchen zeigt wie ihre Grösse bei den verschiedenen Pflanzensorten Verschiedenheiten. Das Stärkemehl des Handels ist eine sehr reine Substanz, welcher fast alle verunreinigenden Beimischungen fehlen: es enthält eine Spur von mineralischen Stoffen, besonders phosphorsaure Salze, und eine ganz kleine Menge eines wachsartigen Pflanzenfettes etwa 0,5 pro mill.

Ueber den Zucker als Nahrungsstoff bedarf es hier keiner weiteren Auseinandersetzungen mehr, da wir das Nöthige schon bei der Besprechung des Zellenchemismus beigebracht haben.

Er wird ausser als Gewürzstoff noch neben Stärkemehl auch in den Gemüsen und Obstsorten in ziemlicher Menge genossen. Der Nahrungsgehalt des Obstes besteht zum überwiegenden Theile aus Zucker, der gemischt mit verschiedenen organischen Säuren demselben den specifischen Geschmack ertheilt. Als Beispiel kann die Analyse der Pflaumen dienen: sie enthalten bei einem Wassergehalt von 71,1 % also nur 28,9 % feste Stoffe, von denen 24,81 % Zucker sind. 2,06 % sind Gummi und 1,11 Cellulose. Die organischen Säuren machen etwa $^1/_2$, die Eiweissstoffe $^1/_4$ Procent aus.

Als Beispiel der Zusammensetzung der Gemüse kann die der Runkelrüben dienen, welche darum noch weiteres Interesse darbietet, weil aus ihr der Rübenzucker bereitet wird, welcher den Colonialzucker bei uns fast vollkommen verdrängt.

Nach Horsford und Krocker enthält die Runkelrübe in 100 Theilen:

	frisch	trocken
Eiweissartige Körper . .	2,04 —	11,5
Zucker	12,26 —	68,8
Cellulose und die übrigen stickstofffreien Körper	2,56 —	14,7
Mineralische Substanzen	0,89 —	5,0
Wasser	82,25 —	—
	100,00	100,0.

Von der Asche sind 70—80 Procent auflöslich und bestehen aus kohlensaurem, schwefelsaurem, salzsaurem und phosphorsaurem Kali und Natron. Der unlösliche Theil besteht aus kohlensaurem und phosphorsaurem Kalk und Bittererde, aus Eisenoxyd und Kieselerde.

Bei den grünen Pflanzen ist der Salzgehalt sehr bedeutend und wir sehen, dass die Bestandtheile desselben mit den Blutsalzen vollkommen übereinstimmen. Ihre hohe Bedeutung wird dadurch erklärlich, die sie besonders dann erhalten, wenn, wie auf langen Seereisen, das als Nahrung dienende Fleisch gesalzen ist, die Blutsalze ihm also entzogen sind. Die Heilung des aus dem Salzfleischgenuss resultirenden Krankheitszustandes: des Scorbutes gelingt leicht durch Zusatz von Gemüse zur Nahrung, dem man freilich nicht wie es in deutschen Küchen so häufig geschieht, durch vorheriges Kochen und Wegschütten des Kochwassers den Hauptgehalt an Nahrungsstoffen — nämlich fast alle löslichen Bestandtheile: Salze, Zucker etc., entziehen darf.

Die Conservirungsmethoden des frischen Gemüses in hermetisch verschlossenen Blechbüchsen gewinnt für die oben angeführten Fälle eine hohe Gesundheits-Bedeutung. —

Der Mensch isst alle die genannten Nahrungsstoffe und Nahrungsmittel nicht einzeln sondern zu Gerichten gemischt.

»Geleitet durch den beinahe zum Bewusstsein gelangten Instinct, den wegekundigen Führer, und durch den Geschmack, den Wächter der Gesundheit, ist der erfahrene Koch in Beziehung auf die Wahl, Zusammenstellung und Zubereitung der Speisen und ihrer Aufeinanderfolge zu Errungenschaften gelangt, welche Alles übertreffen, was Chemie und Physiologie in Beziehung auf die Ernährungslehre geleistet haben. In der Suppe und den Fleischsaucen ahmt er den Magensaft nach, und in dem Käse, womit er die Mahlzeit schliesst, unterstützt er die Wirkung des auflösenden Magenepitheliums. Die mit Speisen besetzte Tafel erscheint dem Beobachter gleich einer Maschine, deren Theile harmonisch zusammengefügt und so geordnet sind, dass damit, wenn sie in Thätigkeit gesetzt sind, ein Maximum von Wirkung hervorgebracht werden könnte.« (Liebig).

Die Genussmittel.

Ausser den eigentlichen Nahrungsmitteln werden vom Menschen noch eine Reihe von Substanzen und Stoffen aufgenommen, welchen ein nur sehr geringer Nahrungswerth zugesprochen werden kann. Es sind das die Stoffe, welche als Genussmittel (v. Bibra) von den eigentlichen Nahrungsmitteln getrennt werden: Kaffee, Thee, Chocolade, Tabak, Spirituosen.

Der Preis eines zur Ernährung verwendeten Stoffes steht in ganz genauem Verhältnisse zu dem Nahrungswerth desselben. Was dem einzelnen Consumenten unbekannt sein mag, das regelt die Erfahrung der Gesammtheit in überraschend richtiger Weise.

Wenn wir den Genussmitteln einen eigentlichen Werth als Nahrungsmittel fast ganz absprechen müssen, so ist es verwunderlich, dass ein so hoher Preis für sie nicht etwa nur von den Reichen sondern auch von den Armen bezahlt wird. Der geringste Taglohn wird ja wenigstens in zwei Theile gespalten, von denen der eine zu Kartoffeln, der andere zu Kaffee verwendet wird, und gerade Armen sehen wir mit besonderer Vorliebe neben seiner spärlichen, den täglichen Verbrauch an Kräften nicht oder kaum ersetzenden Nahrung solche Genussmittel, wenigstens Kaffee oder Branntwein, geniessen.

Es wäre vollkommen falsch, wenn wir annehmen würden, dass der Genuss derselben, der mit verhältnissmässig so grossen Opfern für den Armen verknüpft ist, allein auf dem Wunsche etwas Angenehmes zu essen beruhte. Die Armuth hat, auf tausendjährige Erfahrungen gestützt, die wohlfeilste Ernährung gelernt, mit Hülfe deren bei dem geringsten Aufwande an Nahrungsmaterial die höchste Kraftproduction möglich ist. Die Genussmittel sind für die Arbeitsfähigkeit des Individuums von der grössten Bedeutung.

Wenn wir sie chemisch und physiologisch untersuchen, so finden wir in ihnen eine in die Augen springende Uebereinstimmung. Sie enthalten alle Nervenreize, welche ein aus Arbeit hervorgegangenes Schwächegefühl zu vertreiben geeignet sind.

Wir haben in der Fleischbrühe, dem Fleischextracte ein derartiges Nervenerregungsmittel erkannt. Der Arme, welcher kein Fleich als tägliche Nahrung zu bestreiten vermag, hilft sich mit jenen Genussmitteln, welche in überraschender Weise in ihren physiologischen Wirkungen den Fleischsaft zu ersetzen vermögen.

So sehen wir Bevölkerungen bei einer Nahrung aus Kartoffeln, welche an sich kaum zum Wiederersatz des Stoffverbrauches durch Arbeit genügen würde, durch Kaffeezusatz sich arbeitsfähig erhalten.

Das Hunger- und Schwächegefühl durch unzureichende Nahrung wird durch den Branntweingenuss vertrieben, so dass die Arbeit fortgesetzt zu werden vermag, welche sonst das Gefühl der Ermüdung unterbrechen würde.

In dem thierischen und menschlichen Organismus ist eine bedeutende, zur Arbeit zersetzbare Stoffmenge aufgespeichert. Die Natur hat den Verbrauch dieser Stoffe nur bis zu einem gewissen, geringen Grade der Willkür des Menschen anheimgegeben. Lange ehe die Zersetzung einen höheren Grad erreicht hat, treten durch den veränderten Chemismus der Bewegungsorgane Hemmungen der Bewegungsmöglichkeit ein, die sich subjectiv als Ermüdung: zuerst

Unlust, dann Unfähigkeit zur Arbeitsleistung zu erkennen gehen. Dieses Ermüdungsgefühl wird durch die Genussmittel in seinen Anfängen beseitigt, so dass die Arbeit, verbunden mit Stoffverbrauch, fortgesetzt werden kann über die von der Natur gezogene Grenze hinaus, jenseits deren sie Erholung durch Ruhe und Wiederersatz des verbrauchten Körperstoffes durch Nahrung verlangt. Die Genussmittel haben danach auch einen Werth für die Consumenten, der sich in Geld, dem Mehrverdienst ermöglicht durch Beseitigung des Ermüdungsgefühles, ausdrücken lässt.

An sich haben sonach diese Stoffe, abgesehen von Nebenwirkungen, bei mässigem Genusse nichts Schädliches. Sie werden erst dadurch schädlich und gefahrvoll, wenn der durch sie ermöglichte gesteigerte Kräfte- und Stoffverbrauch nicht durch entsprechende Nahrungssteigerung wieder ersetzt wird. Dem Armen, der seine Arbeitsfähigkeit durch Branntwein steigert, ohne den dadurch gesetzten Verlust wieder ausgleichen zu können, wird das Genussmittel zum Gifte. Es erlaubt ihm längere Zeit von seinem Kraftvorrath, gleichsam vom Capitale selbst zu zehren, während die Natur ihn normaler Weise nur auf den Zinsengenuss desselben beschränkt halten will (Liebig), auf den Verbrauch des kleinen Stoffantheiles, dessen Zersetzung hinreicht, die Chemie des Muskels soweit zu verändern, dass er objectiv ermüdet.

Ein solcher Mensch ist in Wahrheit ein Hungernder. Die Abmagerung und Kraftlosigkeit, welche letztere nur durch fortgesetzten Branntweingenuss momentan gehoben werden kann, jene unbehagliche, leidenschaftliche Stimmung, welche jede Staatsverwaltung als einen festen Factor in ihre politischen Berechnungen einzuführen hat, sind Symptome des Hungers.

Die chemische Zusammensetzung der verschiedenen Genussmittel zeigt eine grosse Uebereinstimmung. Sie lassen sich nach zwei Gruppen ordnen.

Die erste Gruppe ist diejenige, welche stickstoffhaltige organische Basen enthält, welchen die Hauptwirkung zugeschrieben werden muss. Es gehören hierher die warmen Volksgetränke, in Deutschland der Kaffee, in England der Thee. Sie enthalten den gleichen wirksamen Stoff das Theïn oder Kaffeïn. Die Cacaobohnen den sehr nahverwandten Körper: das Theobromin.

Nach ihren Eigenschaften gehören diese Stoffe zu der Classe der organischen Basen, welche alle ohne Ausnahme einen Einfluss auf das Nervensystem ausüben. Nach ihren Wirkungen in eine Reihe geordnet, welche mit dem Theïn oder Kaffeïn beginnt, wirken die Endglieder derselben, das Strychnin, Brucin als die furchtbarsten Gifte. Das Chinin, mehr in der Mitte stehend, als die geschätzteste Arzenei; die Bestandtheile des Opiums sind in kleinen Gaben Arzeneien, in grösseren Gifte. Der Tabak enthält eine sehr giftige organische, nicht krystallisirbare Basis: das Nicotin.

Bei dem Thee und Kaffee als Getränken kommen auch noch die nicht unbedeutenden Mengen anorganischer Stoffe in Betracht, welche in den Aufguss oder Absud eingehen.

Es geben 100 Gewichtstheile Theeblätter (Souchong) mit siedendem Wasser ausgezogen 15,536 Gewichtstheile trocknen Extract, worin 3,06 Theile Asche = 19,69 % des Extractes sich finden. 100 Gewichtstheile geröstete Kaffeebohnen lieferten mit Wasser ausgekocht 21,52 Theile Extract mit 3,41 Theilen Asche = 16,6 % des Extractes.

Der Theeaufguss ist besonders reich an gelösten Eisen- und Mangansalzen, welche sich aber in Verbindungen darin vorfinden, in denen die Gerbsäure, die sich sonst stets mit ihnen zu dem Schwarz der Tinte vereinigt, ohne alle Wirkung ist. Diese wenn auch kleine Eisenmenge kann, da die Natur für den Menschen lösliche Eisenverbindungen verlangt, nicht ohne Einfluss auf die vitalen Vorgänge sein. Liebig macht darauf aufmerksam, dass wir in dem Eisengehalte der meisten Theesorten den wirkenden Bestandtheil der wirksamsten Mineralquellen geniessen. Im Uebrigen sind die Aschenbestandtheile der Blutasche analog zusammengesetzt, alle dort vorkommenden Stoffe sind auch hier vertreten, besonders eine bedeutende Menge von Alkalien. In der Theeasche findet sich in ziemlicher Menge Natron, was im Kaffee fehlt und durch Kali ersetzt wird.

Die bisher genannten Genuss- und Nervenreizmittel sind in ihrer allgemeinen Verbreitung auf dem Continent verhältnissmässig neu. Uralt sind dagegen die alkoholischen Getränke, welche ihre Stelle in der Mehrzahl der Beziehungen zu ersetzen vermögen.

Der Alkohol wird aus dem Stärkemehl dargestellt, nachdem es zuerst in gährungsfähigen Zucker übergeführt wurde.

Es ist keine Frage, dass der Alkohol als solcher noch weiter oxydirt werden kann, er hat somit vielleicht noch einigen Werth als Nahrungsstoff. Ausser dem Alkohol finden sich im Weine noch anorganische Salze, welche auch nicht ohne Nahrungswerth sind. Trotzdem fällt der Hauptwerth der alkoholischen Getränke nicht auf ihre, ihnen nicht abzusprechende Mitwirkung zur Ernährung; schon ihr Preis zeigt im Vergleiche mit anderen Nahrungsstoffen, wie ungemein viel werthvoller sie für den Menschen sein müssen, als sich aus den chemischen Elementen, die sie zusammensetzen, berechnen lässt.

Der Alkohol hat eine ganz analoge Wirkung auf das Nervensystem wie die bisher besprochenen Narcotica. Bei dem Branntwein kommt seine Wirkung allein in Frage.

Bei dem edlen Weine richtet sich der Werth nicht nach dem Alkoholgehalt. Der Weingeist kommt bei der Werthbestimmung zwar stets in Betracht, aber der Preis steht in keinem Verhältniss mit ihm, weit eher steht er im Verhältniss zu den nicht flüchtigen Weinbestandtheilen. Es sind diese vorwiegend Aschenbestandtheile, Blutsalze. Es ist bekannt, dass der edle Wein sich in seiner belebenden Wirkung der Fleischbrühe direct anschliesst, sie beruhet in beiden Fällen auf demselben chemischen Grunde.

Das Bier, welches immer mehr ein Volksgetränk der ganzen Welt wird, ist eine Nachahmung des Weines aber eine in manchen Beziehungen verbesserte. Das Bier enthält nur eine verhältnissmässig kleine Menge Alkohol, ausserdem Kohlensäure, Zucker, Gummi, welche die grösste Menge der gelösten Stoffe ausmachen, dann Bitterstoffe und die aromatischen Stoffe des Hopfens, einen Rest von Kleberbestandtheilen, Fett, Milchsäure, Ammoniakverbindungen und die mineralischen Bestandtheile, welche aus der Gerste und dem Hopfen in das Bier übergehen. Es kann somit dem Biere eine gewisse Nahrhaftigkeit nicht abgesprochen werden, wenn auch sein Werth dadurch sicher nicht bestimmt wird, ebensowenig wie nach dem Alkoholgehalt. Ohne Zweifel haben wir in dem Biere das gelungenste Ersatzmittel des Fleischextractes vor uns.

Alle Stoffe, welche wir dort wirksam fanden, finden wir auch hier wieder, alles was wir zum Lobe jenes Stoffes zu sagen hatten, müssen wir hier wiederholen. Nur kommt hier noch der Alkohol mit seinen Nebenwirkungen auf das Gehirn in Betracht, der in mancher Beziehung das Bier vor dem Fleischextract noch auszeichnet.

So wird es verständlich, wie es so vortreffliche Wirkungen auf die Ernährung hervorzubringen vermag, welche in keiner Beziehung zu seinem directen Nahrungswerthe stehen.

Mitscherlich fand in 100 Theilen Asche eines untergährigen Bieres: Kali 40,8, Phosphor 20,0, phosphorsaure Bittererde ($PO_5 . 2MgO$) 20,0, phosphorsauren Kalk ($PO_5 . CaO$) 2,6, Kieselerde 16,6 Gewichtstheile.

Es fällt bei dem Biere der enorm grosse Gehalt an phosphorsaurem Kali auf, ein Salz, welches wir als das Hauptagens in der Fleischbrühe erkannt haben. Ohne Zweifel hat es einen Antheil an den nervenerregenden Wirkungen, welche wir vom Biergenuss bei Schwächezuständen in so hohem Masse ausgeübt finden. Die grosse Menge von Kalisalzen, welche durch das Bier in das Blut gelangt, ist sicher daran schuld, dass ein übermässiger Biergenuss so stark ermüdende Wirkungen erzeugt. Die Kalisalze gehen durch das Blut in den Harn über, wo man sie bei Biertrinkern in erhöhter Menge antrifft. —

Die Gewürze, welche den Speisen zugesetzt werden, haben nicht nur den Zweck, den Geschmack der Speisen zu verbessern, vor allem haben sie die Aufgabe auf die Verdauungssäfte steigernd zu wirken. Der sensible Reiz, den sie auf die Schleimhäute ausüben, mehrt reflectorisch die Drüsensecretionen.

Wir sehen daraus, dass wir eine Reihe von Stoffen ihren physiologischen Wirkungen nach unter die Gewürze zu rechnen haben, welche man gewöhnlich nicht hierher zieht. Die starken Geschmacksreizstoffe, welche durch das Braten und Rösten des Fleisches erzeugt werden, wie die schmeckenden Stoffe in der Brodrinde gehören zu den am stärksten wirkenden Gewürzen. —

Zum Schluss stehe hier noch die Tabelle über die mittlere Zusammensetzung der hauptsächlichsten thierischen Nahrungsstoffe nach der Zusammenstellung Moleschott's:

Thierische Nahrungsmittel:

	Fleisch von			Leber der		
in 1000 Theilen:	Säugethieren	Vögeln	Fischen	Wirbelthiere	Hühnereier	Milch
Extractivstoffe . .	728,75	729,83	740,82	720,06	735,04	861,53
Albuminate	174,22	202,61	137,40	128,20	194,34	39,43
Collagen	31,59	14,00	43,88	37,38	—	—
Fett	37,15	19,46	45,97	35,04	116,37	49,89
Kohlehydrate . .	—	—	—	—	—	43,23
Extractivstoffe . .	16,90	21,11	16,97	65,26	3,74	—
Salze	11,39	12,99	14,96	14,06	10,51	5,92

Fünftes Capitel.

Die Gesetze der Ernährung.

Was ist nahrhaft?

Es giebt im äusseren Leben für das persönliche Interesse keinen wichtigeren Gegenstand, der so sehr in alle übrigen Verhältnisse einschneidet, als die Frage nach dem »täglichen Brod«. Die Frage, welche die eigentliche Lebensfrage für den Einzelnen ist, ist dieses auch für die Verwaltung und Erhaltung des Staates. Schon die nothwendige Beköstigung der stehenden Heere, wie die Ernährung in den Erziehungs- und Correctionsanstalten, alle jene Einrichtungen, welche die gleichzeitige Ernährung einer grösseren Anzahl von Individuen, die in dieser Hinsicht ihrer eigenen freien Willkür entzogen sind, nothwendig machen, drängen unwiderstehlich zu diesem Ausspruch hin.

Für jeden Einzelnen gewinnt so wie für den Arzt die Wahl der Nahrung in Krankheitsfällen eine noch erhöhte Bedeutung. Wenn schon häufig in gesunden Tagen der Arzt in dieser Beziehung zu Rathe gezogen wird, so wird die Ernährungsfrage noch bedeutungsvoller bei Kranken, bei denen ihre Beantwortung auf vorher nicht geahnte Schwierigkeiten stösst, hervorgehend aus dem absoluten Mangel an Appetit, aus dem subjectiven Widerwillen gegen nur einzelne Nahrungsmittel, oder gar aus der Unfähigkeit Nahrung zu verdauen und zu assimiliren; oft werden durch die Nahrungsaufnahme die Krankheitserscheinungen noch gesteigert. In derartigen Fällen kann nur eine vollkommen exacte Kenntniss der physiologischen Ernährungsgesetze eine sichere Richtschnur für das Eingreifen des Arztes sein und gewiss wird Derjenige die besten Heilungsresultate erzielen, der es versteht, auch unter solchen schwierigen Verhältnissen das Leben zu erhalten: nicht wenige Kranke sterben in Folge ungenügender Nahrung. Bei vielen Patienten nehmen die Symptome des speciellen Leidens mit der zunehmenden Stärkung des Allgemeinbefindens hervorgehend aus passender Ernährung ab, in dem gleichen Grade wie sie durch Nahrungsmangel sich steigern. Hievon sind sicher nur wenige Krankheiten ausgenommen, weit weniger als die Schulweisheit auch der neueren ärztlichen Praxis sich träumt. Ich deute an dieser Stelle nur auf die Herzleiden hin, die in so hohem Masse mit der Schwächung der Gesammtmusculatur an Intensität und Gefahr für das Leben zunehmen: der schlecht

ernährte, schlaffe Herzmuskel ist natürlich nicht im Stande die Hindernisse im Mechanismus durch gesteigerte Thätigkeit auszugleichen. Es ist bekannt, dass Herzfehler von muskelkräftigen Personen ganz ohne Störung ihres Allgemeinbefindens ertragen werden können; aber ebenso steht es fest, dass mangelhafte Ernährung des Muskelsystemes auch ohne wirkliche organische Störung alle Symptome eines Herzleidens vorzutäuschen vermag.

Alle diese Betrachtungen drängen uns zu der Grundfrage:

Was ist nahrhaft?

Die Antworten welche auf diese Frage gegeben werden, sind äusserst mannichfaltig und nirgends gehen die Meinungen in so hohem Grade aus einander als hier, während man doch denken sollte, dass die ewige Erfahrung des Menschengeschlechtes die Aufgabe mit aller Sicherheit und Präcision schon längst müsste gelöst haben. Wir werden in der Folge unserer Betrachtungen einsehen, dass wir dem Volksinstincte Unrecht thun würden, wenn wir ihm die sichere Kenntniss in dieser Richtung absprechen wollten; wir werden erstaunen in welch mannichfachen Combinationen die Ernährungsgesetze, welche die experimentelle Wissenschaft aufgestellt hat, in der Volksnahrung von je her zur Anwendung gelangen. Ganz anders aber fällt das Urtheil der Wissenschaft über die noch heute übliche Ernährungspraxis der ärztlichen Routine aus. Veranlasst von Vorurtheilen werden noch heute hier Fehler gemacht, welche zeigen, wie vollkommen eine wissenschaftliche Halbbildung den einfachen gesunden Menschenverstand zu verdunkeln vermag.

Wenn wir unsere Grundfrage: was ist nahrhaft? stellen, so bekommen wir von der Mehrzahl der Gefragten eine Antwort, in welcher uns eine Anzahl von Nahrungsmitteln zusammen genannt werden.

Man würde hören können dass z. B. Fleisch sehr nahrhaft sei, dass aber auch Schwarzbrod in dieser Richtung nicht zu verachten wäre; für Kinder gebe es kaum etwas Nahrhafteres als das Stärkemehl der Pfeilwurzel: das Arrow-root, doch sei auch Rothwein oder Bier anzurathen, ebenso Chinin und Leberthran; für Kranke und Schwache gäbe es dagegen nichts Nahrhafteres als die Fleischbrühe oder noch besser das Fleischextract, welches die concentrirte Nahrhaftigkeit des Fleisches in sich enthält; der mit Salzsäure nach Liebig's Vorschrift gefertigte Fleischauszug — Infusum carnis f. p. — widersteht den Kranken gewöhnlich sehr bald und lässt sich ja auch durch das Fleischextract einfach ersetzen. Fast jedes Wort in dem vorstehenden Satze ist eine Unwahrheit! und doch kann nicht geläugnet werden, dass in der Ueberzahl der Fälle die Antwort auf unsere Frage in der hier vorgetragenen Weise ausfallen würde.

Es mag paradox klingen, es ist aber wahr, wenn wir dagegen behaupten, dass alle diese genannten Stoffe für sich nicht nahrhaft sind.

Oder stimmt es mit dem Begriffe der Nahrhaftigkeit eines Stoffes überein, wenn wir vom Fleische auf das schlagendste experimentell nachweisen können, dass wir kaum im Stande sind, den Menschen mit reinem fettfreien Fleische zu ernähren? er würde dazu eine so enorme Menge bedürfen, etwa 4—5 Pfd., welche kein Magen zu verdauen, kein Appetit ohne den gewaltigsten Ekel öfter als einmal zu verzehren vermag; das gleiche Gewicht von Roggen-

brod würde nicht hinreichen einen Menschen zu erhalten. Ein Erwachsener bedarf dazu etwa 6 Pfd., von Kartoffeln würden für ihn erst 20 Pfd. hinreichen! Noch schlimmer verhält es sich mit anderen der genannten Stoffe: es steht fest, dass ein Individuum, welches allein mit Arrow-root oder Leberthran, diesen so allgemein angelobten Nahrungsstoffen ernährt werden sollte, unumgänglich dem langsamen Hungertode verfallen würde, dasselbe gilt von dem mit Salzsäure bereiteten Fleischauszug. Was soll aber nun erst gegen den Rest der aufgezählten Substanzen gesagt werden? Das Urtheil der Wissenschaft über die Nahrhaftigkeit der Fleischbrühe sowie des Fleischextractes hat schon an zwei Stellen der Wichtigkeit dieses Gegenstandes entsprechende, ausführliche Erörterung gefunden; Wein und China können wie die Fleischbrühe den Stoffverbrauch des Organismus allein genossen gewiss nur steigern; sie sind dann also das genaue Gegentheil zur Ernährung dienender, dem Organismus seine Stoffverluste ersetzender Substanzen!

Der Grund warum wir uns so entschieden gegen die gewöhnliche Annahme über »nahrhaft« aussprechen müssen, ist leicht aus dem schon bei der Besprechung der Nahrungsmittel Gesagten zu entnehmen. An sich ist kein einzelner Nahrungsstoff zur Ernährung hinreichend, er kann als solcher also auch nicht als »nahrhaft« bezeichnet werden. Es steht fest, dass der Organismus in seine Nahrung Albuminate bedarf, wir sehen aber wie ungemein unvortheilhaft eine Ernährung allein mit diesem Nahrungsstoffe — also z. B. mit fettfreiem Fleische — sein würde, wenn auch die chemisch-physiologische Theorie die Möglichkeit einer Bestreitung aller Bedürfnisse an organischer Nahrung allein durch Eiweiss lehrt. Es darf dabei nicht vergessen werden, dass für den Menschen der Ekel vor dem Nahrungsübermasse schon früher eine Grenze für die Aufnahme zieht, als die zur Erhaltung des Organismus nöthige Fleischmenge aufgenommen ist.

Dass durch Stärkemehl oder Fett der Gesammtverlust des Organismus in keiner Weise gedeckt werden kann, liegt auf der Hand — es fehlt vor allem diesen Stoffen das Eiweiss aber auch die Salze und das Wasser. Dasselbe gilt mit den nöthigen Einschränkungen in Beziehung auf den Salz- und Wassergehalt in noch erhöhtem Masse für Wein, Bier, Branntwein, Fleischbrühe und Fleischextract.

Die Theorie der Ernährung verlangt eine Mischung der einfachen Nahrungsstoffe und nur solchen Nahrungsgemischen kann eine wirkliche Nahrhaftigkeit zugesprochen werden. Damit also ein Stoff nahrhaft genannt werden kann, muss er abgesehen von den Salzen und dem Wasser wenigstens Eiweiss und entweder Fett oder Kohlehydrate: Zucker, Stärkemehl etc. enthalten, oder auch beide letztere Stoffgruppen neben dem Eiweisse. Es können also z. B. die Milch, die Eier in Wahrheit als nahrhafte Stoffe bezeichnet werden, weil in ihnen die gemachten Anforderungen verwirklicht sind. Aber wenn sich auch einige Beispiele finden lassen, auf welche die Bezeichnung »nahrhaft« anwendbar erscheint, so möchte es doch vorzuziehen sein, diesen veralteten Begriff, der zu so vielfältigen Missdeutungen Veranlassung giebt, gänzlich aufzugeben. Denn auch die eben angeführten Beispiele passen doch nur sehr uneigentlich. Was für eine enorme Menge von Milch würde nöthig sein, um einen Erwachsenen davon zu ernähren, da sie 88—90 % Wasser enthält,

sodass nur etwa 3—4 Loth feste Stoffe ausser dem Wasser in einem Pfunde Milch genossen werden? Ganz ähnlich verhält es sich mit den Eiern. MAGENDIE berichtet, dass sich ein gesunder, junger Hund mit 12—15 hartgekochten Eidottern nicht ernähren liess.

Dabei muss noch sogleich in die Augen springen, dass für verschiedene Individuen je nach Alter und Beschäftigungsweise etc. der Begriff der Nahrhaftigkeit sehr wechselnd sein müsste, für alle einzelnen Körperzustände müssen wir ihn entsprechend modificiren. Ein jugendlicher Organismus bedarf zum Wachsthum, zum Ansatz von Stoffen im Allgemeinen eine andere Art des Nahrungsgemisches als der Körper eines Arbeiters, dessen Muskelsystem vor allem in Anspruch genommen wird und daher eine überwiegende Ausbildung verlangt.

Die Körperzustände in Beziehung auf die quantitativen Verhältnisse der Organe sind individuell sehr verschieden. Sie sind Resulte der Ernährungsweise, welche vorausging. Es muss sich immer fragen, ob man sich die Aufgabe setzt, den bestehenden Körperzustand zu erhalten oder in einen anderen zu verändern. Danach wird es sich richten, ob wir eine Nahrung für das betreffende Individuum passend finden oder nicht.

Und wie mannichfach modificiren sich diese Verhältnisse in Krankheitsfällen.

Die Organwiegungen von E. BISCHOFF, die er in Verhältniss mit dem gesammten Körpergewicht setzte, geben wenigstens für einige verschiedene Körperzustände Vergleichungspuncte.

E. BISCHOFF bestimmte die Organgewichte an einem 33 Jahre alten stämmig gebauten, starken 168 Cm. = 5′ 2″ 3‴ Par. Hingerichteten, der vollkommen gesund erschien. Ebenso an einem durch Sturz verunglückten und augenblicklich getödteten Mädchen von 22 Jahren, 159 Cm. gross, üppig gebaut, wohlgenährt, ebenfalls gesund. Dieselben Bestimmungen theilt er mit an der Leiche eines gesunden fettarmen 16 jährigen Selbstmörders, eines neugebornen Knaben und neugeborenen Mädchen und einer 6 monatlichen Frühgeburt.

Die folgende Tabelle machte die beobachteten Verschiedenheiten anschaulich:

				Neugebornes		
	Mann:	Weib:	Jüngling:	Knabe:	Mädchen:	Frühgeburt:
Gewicht des ganzen Körpers in Grm.	69668	55400	35547	2400	2969	643
in Procenten des Körpergewichts:	%	%	%	%	%	%
das Skelet	15,9	15,1	15,6	17,7	15,7	20,3
die Muskeln	41,8	35,8	44,2	22,9	23,9	22,3
Brusteingeweide	1,7	2,4	3,2	3,0	4,5	2,7
Baucheingeweide	7,2	8,2	12,6	11,5	12,1	12,3
Fett	18,2	28,2	13,9 }	20,0	13,5 }	14,8
Haut	6,9	5,7	6,2 }		11,3 }	
Gehirn	1,9	2,1	3,9	15,8	12,2	18,5

Die Tabelle lehrt direct, wie verschieden der weibliche Körper von dem männlichen in Beziehung auf Fettreichthum und Musculatur sich zeigt. Der

grössere Fettreichthum des weiblichen Körpers darf nicht als etwas Anormales betrachtet werden. Entsprechende Unterschiede zeigen sich bei Vergleichung des kindlichen neugebornen Organismus mit dem Erwachsenen und des ersteren mit dem noch Ungebornen.

Aus den Wasserbestimmungen, die E. Bischoff an den Organen des Hingerichteten und des neugeborenen Mädchen anstellte, ergiebt sich, dass der Körper des Erwachsenen besteht aus:

58,5 % Wasser
41,5 % feste Theile,

der Körper des Neugeborenen aus:

66,4 % Wasser
33,6 % feste Theile.

Der Erwachsene wog im Ganzen:

69668 Gramm =
40709,4 Wasser
28958,6 feste Theile;

von dem Wasser treffen auf:

Muskeln . .	22027,1	Gramm	= 75,7 %
Fett	3760,6	,,	= 29,9 ,,
Haut	3493,5	,,	= 72,0 ,,
Blut	2836,9	,,	= 83,0 ,,
Leber . . .	1076,0	,,	= 69,3 ,,
Gehirn . . .	1027,0	,,	= 75,0 ,,

Die Muskeln des Neugebornen hatten:

81,8 % Wasser;
das Gehirn 89,4 %, Blut 85 %.

Es wäre interessant ähnliche Bestimmungen für noch weitere Körperzustände zu machen. Besonders bei Krankheiten würden sie uns einen Einblick in die nothwendigen Voraussetzungen einer für den speciellen Fall zweckentsprechenden Ernährungsweise geben können.

Bedingungen der Zersetzung im Körper.

Wir wissen, dass während der Dauer des Lebens im Organismus nur eine scheinbare Ruhe existirt. Während wir die Gebilde der anorganischen Natur in der Stabilität ihrer Zusammensetzung mit einer Mauer vergleichen können, an welcher alle die an ihr wirksamen Kräfte in ein stabiles Gleichgewicht gelangt sind, können wir die scheinbare Ruhe des Organismus nur mit dem Gleichgewichte vergleichen, welches ein mit Wasser gefüllter Trog eines laufenden Brunnens erkennen lässt, bei welchem der Wasserstand nur darum ein gleichbleibender ist, weil in der Zeiteinheit gleichviel Wasser zu- und abfliesst. In ähnlicher Weise wie in letzterem Falle wechseln im thierischen Organismus beständig die Stoffe, welche ihn zusammensetzen. In der Nahrung treten neue Stoffe an die Stelle alter, verbrauchter in ihn ein, die, nachdem sie ausgedient haben, wieder von neuem Materiale ersetzt werden müssen.

Beständig circulirt ein Säftestrom durch den gesammten Organismus von

Zelle zu Zelle, sodass die flüssig beweglichen Stoffe keinen Augenblick in irgend einem Orte in vollkommener Ruhe sind. Auf diesem Wege, während diese Säftemasse die Zellmembranen durchsetzt (C. Voit) finden sich die Bedingungen der Zersetzung und Oxydation, auf welcher wir die Kräfteentwickelung des Organismus beruhen wissen. Das neu hinzukommende Material aus der Nahrung mischt sich diesem Säftestrom bei, circulirt mit und ersetzt so das Verlorengegangene. So wie es einmal mit den übrigen Säften gemischt ist, existirt keine Scheidung mehr zwischen ihnen, die neu aufgenommenen Molecüle können den nächsten Augenblick wenigstens zum Theile mit in die Zersetzung hinein gerissen werden.

Wir statuiren hiemit einen Unterschied zwischen dem circulirenden Säftematerial des Organismus und den festen Bestandtheilen desselben: den Zellenhüllen, Zellenkernen, einigen in dem Zellinhalt abgelagerten festeren Partikeln. Diese letzteren fallen zwar auch der Zersetzung anheim, aber es sind bei ihnen die Stoffänderungen weit langsamer als bei den flüssig beweglichen Massen, die Zersetzungsvorrath genannt werden können, welche die Zellen durchströmen und bald Bestandtheile einer Drüsenzelle, bald eines Muskelschlauches oder einer Nervenröhre sind.

Die Zersetzungen dieses Zersetzungsvorrathes erfolgen nach inneren, im Organismus selbst gelegenen Bedingungen. Nur soviel Sauerstoff, als in Ozon verwandelt wird, kann bei der Körpertemperatur zu Oxydationen verwendet werden. Wir wissen, dass den Blutkörperchen vor allem die Aufgabe zufällt, die Ozonisirung des in das Blut aufgenommenen Sauerstoffes zu besorgen, und das gebildete Ozon den Geweben zu übertragen. Es ist also einleuchtend, dass mit der Menge der vorhandenen Blutkörperchen die Oxydationsgrösse auf- und abwärts schwanken müsse. Es kann in einer gegebenen Zeit also nur eine ganz bestimmte, für den jeweiligen Körperzustand — Zahl der Blutkörperchen — unveränderliche Menge von dem vorhandenen Zersetzungsvorrath oxydirt werden. Doch geht aus den experimentellen Beobachtungen hervor, dass die Bedingungen der Oxydation — also die Masse der Ozonbildner — im Organismus je nach der Menge der aufgenommenen Nahrung oder mit anderen Worten nach der Masse des Zersetzungsvorrathes selbst sehr schwankend sein können. Es nehmen vor allem mit dem steigenden Eiweissgehalte des circulirenden Vorrathes auch die Oxydationsbedingungen an Intensität zu.

Liebig hat wie es scheint zuerst darauf aufmerksam gemacht, dass die Quantität des aufgenommenen Sauerstoffes es ist, welche die Ernährungsverhältnisse regelt.

Pettenkofer und Voit haben den experimentellen Beweis geführt, dass die Sauerstoffaufnahme eine verschiedene Grösse annimmt je nach der genossenen Nahrung. Das genossene Eiweiss bestimmt die Sauerstoffaufnahme, letztere steigt und fällt mit der Menge des aufgenommenen Fleisches. Sehr wichtig für das Verständniss der Fettwirkung ist es, dass durch aufgenommenes Fett die Sauerstoffaufnahme herabgedrückt wird, sodass dann, wenn zu einem bestimmten Gewichte Fleisch, welches eine bestimmte Sauerstoffmenge aus der Luft aufnehmen liess, nun noch Fett dazu gegeben wird, die Sauerstoffaufnahme sinkt. Ebenso ist es bei Aufnahme von Zucker und Leim (?) zu Fleisch. Alle diese Stoffe wirken vermindernd auf die Sauerstoffaufnahme ein. Wenn

weniger Sauerstoff aufgenommen wird, werden auch die Oxydationen geringer. Es kann dann von den aufgenommenen Stoffen ein Theil unverbrannt gespar werden, der nun zu Organbestandtheilen werden kann, indem er aus den circulirenden Stoffvorrath heraustritt. So kann Massenzunahme der Organe — Mästung — eintreten.

Es wirkt auch Muskel-Bewegung auf die Sauerstoffaufnahme und zwar wie sich erwarten liess, steigernd ein. Das Gegentheil bewirkt also Ruhe schon für sich. Aeusserst wichtig ist dabei aber, dass in der Ruhe während der Nacht bei gesundem Schlafe ein Sauerstoffvorrath aufgenommen und aufgespeichert wird, der erst in den wachen Stunden nach und nach sich verzehrt.

Der active Sauerstoff verhält sich in ganz verschiedener Weise gegen die im Organismus vorhandenen Stoffe. Während die festen Organtheile einer sch langsamen Zersetzung unterliegen, etwa 1 % täglich (C. Voit), erleidet die circulirende Säftemasse einen sehr raschen Verbrauch 70 % täglich. Je grösse dieser Zersetzungsvorrath ist — welcher je nach der Nahrung, welche aufgenommen wurde, schwankt, aber niemals einige Pfunde flüssig gedachtes Fleisch (Eiweiss + 75 % aq) übersteigt, — desto bedeutender ist die Gesammtzersetzungsgrösse. Letztere hängt in dem Falle, dass eine reichliche Ernährung stattfindet, also nicht sowohl von der Masse der festen Organe sondern nu von jenem Vorrathe ab. So kann es kommen, dass ein Organismus, welche verhältnissmässig wenig feste Organe besitzt, ebenso viel oder mehr ausscheide als ein anderer, welcher ihm in ersterer Beziehung weit überlegen ist, abe weniger circulirenden Verbrauchsvorrath in sich enthält, da er in der letzten Zeit weniger oder andere Nahrung erhalten hat.

Im Hungerzustande, in welchem schliesslich der Vorrath auf ein Minimum herabgesetzt wird, kommt nun dagegen die Organmasse zur Geltung Die Organe sind, was ihre festen Theile betrifft, Reservoir's, aus denen de Organismus Stoffe in seinen Zersetzungsvorrath herein nehmen kann. Er greif so das Grundcapital an, was bei mangelndem Ersatze schliesslich zum unvermeidlichen Bankerott des Organismus führen muss. Je gefüllter diese Reservoir's sind, desto mehr kann an den Zersetzungsvorrath abgegeben werden endlich erreicht aber die Zersetzungsgrösse des Organismus eine untere Grenze unter welche sie nicht weiter herabsinken kann, es bleibt dann die Menge der in gleicher Zeit ausgeschiedenen Zersetzungsproducte constant zum Beweise, dass eine kleine aber genau bestimmte Zersetzungsgrösse für die Erhaltung des Lebens des Organismus unumgänglich nöthig ist.

Es giebt sonach ganz verschiedene Körperzustände, in welchen die Grösse der gleichzeitigen Zersetzung genau die gleiche sein kann.

Wir müssen stets die Organismen je nach der Masse ihrer festen Organe oder nach ihrem Zersetzungsvorrathe in's Auge fassen. Es existiren hierin die grössten Schwankungen; die mannichfaltigsten Combinationen von Organmasse und Vorrath können ein gleiches Resultat in Beziehung auf den Stoffverbrauch hervorbringen.

Wie wir gesehen haben, dass unter Umständen — im Hunger — aus den Reservoir's der Organe Stoffe in den Verbrauchsvorrath abgegeben werden können, wobei der Organismus also an Organmasse abnimmt: abmagert; ebenso

kann aus dem Vorrath an die Organe abgegeben werden, sodass der Körper organreicher: gemästet wird. Diess tritt dann ein, wenn sich ein Missverhältniss zwischen der Menge der genossenen Nahrungsmittel und des aufgenommenen Sauerstoffs zu Gunsten der ersteren einstellt.

Fleischnahrung.

Nach dem Gesagten ist der Werth der verschiedenen Nahrungsstoffe für den Organismus sehr verschieden.

So absolut nothwendig in der Nahrung Eiweissstoffe vorhanden sein müssen, um ihren fort und fort eintretenden Verlust zu ersetzen, so wäre es doch vollkommen falsch, sich durch diesen Gesichtspunct zur Annahme verleiten zu lassen, als wäre das Fleisch unter allen Umständen das zweckmässigste Nahrungsmittel. Da es die Sauerstoffaufnahme steigert, so darf es da nicht in zu grossen Mengen gereicht werden, wo es darauf ankommt, einen herabgekommenen Organismus wieder organreicher zu machen.

Es ist bisjetzt noch niemals gelungen, einen menschlichen Organismus mit reiner Eiweisskost — mit fettfreiem Fleische — vollständig zu ernähren.

Die tägliche Kohlensäure-Ausscheidung des erwachsenen Menschen beträgt nach meinen mit dem Pettenkofer'schen Respirationsapparate angestellten Versuchen etwa 760 Gramm oder 207 Gramm Kohlenstoff. Diese Grösse ist während der Körperruhe nur sehr geringen Schwankungen unterworfen, im Hungerzustande fanden sich während des ersten Hungertages 663 Gramm CO_2 oder 181 Gramm C, bei übermässiger gemischter Kost belief sich die Steigerung nur auf 926 Gramm CO_2 oder 252 Gramm C.

Es ist deutlich, dass wir es hier mit einem ziemlich gleichbleibenden Factor zu thun haben.

Nehmen wir nur 200 Gramm C als die wahrscheinliche Respirationsausscheidung in 24 Stunden an, so bedürfen wir allein zur Deckung dieses Verbrauches 1599 Gramm fettfreies Fleisch, dass bei einem Wassergehalt von 75,9 % 12,52 % Kohlenstoff enthält. Da in 100 Gramm Fleisch 3,4 Gramm Stickstoff enthalten sind, so berechnet sich der Gehalt an diesem Elemente in den 1599 Gramm Fleisch auf 54,4 Gramm. Bei der Zersetzung des Fleisches verlässt fast diese ganze N-Menge den Organismus als Harnstoff. Um für diese N-Menge das erforderliche Gewicht an C zur Harnstoffbildung zu erhalten, bedarf es einer weiteren Zersetzung von 200 Gramm Fleisch, sodass die für einen Erwachsenen zur Erhaltung für einen einzigen Tag erforderliche Fleischmenge 1800 Gramm beträgt. Wenn wir bedenken, dass im günstigsten Falle nur etwa 90 % der aufgenommenen Fleischnahrung wirklich verdaut wird, so erhalten wir als erforderliches Gewicht sogar 2000 Gramm = 4 Pfd.

Diese Zahlen sind geeignet dem Arzte einen deutlichen Wink zu geben, was er von einer alleinigen Ernährung mit Fleisch zu halten hat. Es können dadurch dem Organismus seine durch Hunger erlittenen Verluste nicht vollständig ersetzt werden; wenn es auch möglich ist, das subjective Wohlbefinden dadurch zu verbessern.

Das Körperfett erleidet bei alleinigem, zur Erhaltung nicht ausreichenden Fleischgenuss einen gesteigerten Verbrauch. Hierauf beruht die in der letzten

Zeit so viel besprochene diätetische Kur gegen Fettleibigkeit. Da bei nicht ganz fettlosen Individuen der Fettverbrauch vom eigenen Körper durch alleinigen Fleischgenuss niemals gänzlich aufgehoben werden kann, so kann durch längere Zeit fortgesetzte Ernährung mit möglichst fettfreiem Fleische, die Menge von Fett am Körper des so Ernährten nicht unbedeutend vermindert werden, dagegen nimmt die Muskelmasse etwas zu. Es ist bemerkenswerth, dass der Ansatz von Muskel bei fettfreier Fleischkost doch nicht so sehr bedeutend ist, wie man ihn erwarten sollte. Die grösste Masse des als Nahrung verwendeten Eiweisses bleibt in dem circulirenden Säftevorrath ohne in den Organen sich festzusetzen, sodass bei Fleischkost die Eiweisszersetzung eine enorme in 24 Stunden ist. Während ein gesunder Mann in einem Tage etwa 37 Gramm Harnstoff ausscheidet, der wie bekannt aus dem zersetzten Eiweisse herstammt, kann die Harnstoffausscheidung durch Fleischgenuss bei voller Gesundheit bis auf 86 Gramm gesteigert werden. Nehmen wir an, dass die mechanischen Arbeitsleistungen des thierischen und menschlichen Organismus in der Eiweissoxydation ihre Quelle haben, so müssen wir uns zu der Ansicht hinneigen, dass ein solcher, so massenhaft Albuminate zersetzender Organismus auch die grösste Kraft müsste zu entwickeln vermögend sein. Es ist nicht uninteressant, dass die heutigen englischen Faustkämpfer genau wie die Preiskämpfer im klassischen Alterthume sich durch fortgesetzten ausschliesslichen Fleischgenuss auf ihre enorme Kraftleistung vorbereiten, was mit dieser Annahme übereinzustimmen scheint.

Uebrigens bringt ein gesteigerter Fleischgenuss nicht sofort das Gefühl der Kräftigung hervor. Das erste Gefühl ist stets eine ganz auffallende Mattigkeit und Abgeschlagenheit der Muskeln verbunden mit nervöser Aufregung, welche sich bis zur Schlaflosigkeit steigern kann. Ohne Zweifel haben wir hierin die Wirkung der plötzlich in so grosser Menge aus den Verdauungsorganen in das Blut und von da in die Organe — Muskeln und Nerven — gelangenden Kalisalze des Fleisches, von denen wir schon wissen, dass ihre Wirkungen den oben geschilderten entsprechen.

Das bisher Mitgetheilte stützt sich vor allem auf die Ergebnisse der Ernährungsversuche, welche von Bischoff und Voit am Fleischfresser (Hund) gewonnen wurden. Sie wurden durch meine Versuche am Menschen auch für diesen grossen theils bestätigt. Es ist interessant, die Ernährungsgesetze für den Fleischfresser, wie sie von den genannten Forschern gefunden wurden hier direct zu vergleichen:

»1) Zur vollständigen Ernährung des Hundes nur mit Fleisch« — (Albuminaten) — »d.h. zu einer solchen Ernährung, bei welcher derselbe weder von seinem Fleisch noch Fett irgend Etwas verliert und abgiebt, sondern der Verbrauch durch die Nahrung ganz ersetzt wird, bedarf es sehr ansehnlicher Mengen Fleisch, die je nach dem Ernährungszustande des Thieres $^1/_{20}$ — $^1/_{25}$ seines Körpergewichtes betragen.«

»2) Erhält der Hund geringere als diese Mengen Fleisch in der Nahrung, so verbraucht er nicht nur diese, sondern setzt auch noch immer von seinem eigenen Fleisch und von seinem eigenen Fett zu. Dieser Verlust an Körperfleisch und Fett wird aber um so geringer, je mehr sich die in der Nahrung gebotene Fleischmenge der unter 1 bestimmten nähert.«

»3) Erhält der Hund grössere Fleischmengen als zum vollständigen Ersatze nöthig sind, so setzt er den Ueberschuss an. An dem folgenden Tage genügt indessen dieselbe Menge von Fleisch schon nicht mehr, um denselben Ansatz hervorzubringen, sondern sie wird alle wieder nur zum Ersatz gebraucht. Ein weiterer Ansatz von Fleisch wird nur durch fortwährend gesteigerte Nahrungsmengen erzielt.«

»4) Ist man auf diese Weise zu einem Maximum gekommen, so frisst der Hund Nichts mehr; er verliert dann rasch an seinem Gewicht, und erlangt nun wieder die Fähigkeit, neue Nahrung zu sich zu nehmen.«

»5) Wie schon erwähnt, verbraucht der Hund bei steigenden Fleischmengen immer weniger Fett von seinem Körper, bis er, wenn er von seinem Körper kein Fleisch mehr hergiebt, dann auch kein Fett mehr verliert. Er entwickelt jetzt alle Wärme auf Kosten des umgesetzten Fleisches.« —

Aus dem Gesagten erhellt, »dass wenn man ein Thier durch Fleisch allein mästen, d. h. fleischreicher machen will, so bedarf es dazu grosser Mengen. Im Anfange, wenn er sehr schlecht bei Fleisch ist, wird der Ansatz stark sein, allein so wie er sich entwickelt, muss mit der Menge der Nahrung fortwährend gestiegen werden, weil mit der Vermehrung der Masse des Thieres sich der Umsatz immer mehr steigert.«

Meine am Menschen gewonnenen directen Versuchsergebnisse bestätigen auch für dieses Hauptobject der Physiologie die eben angegebenen Ernährungsgesetze. Nur ergiebt sich der schon mehrmals erwähnte Unterschied, dass es mir nicht gelang, eine vollkommene Ernährung mit Fleisch zu erreichen, natürlich noch weniger einen Ansatz durch alleinigen Albumingenuss. Es wird also in dieser Hinsicht an dem bisher Vorgetragenen für den Menschen Nichts geändert. Es bleibt ein starker, übertriebener Fleischgenuss für ihn immerhin das beste Mittel, sein Körperfett zu vermindern. —

Nehmen wir auch an, dass es für den Menschen möglich sei, ihn allein von Albuminaten zu ernähren, so stellt sich doch heraus, dass diese Ernährungsweise sicher wenigstens nicht sparsam genannt werden könnte. Das Eiweiss ist für sich, der inneren Constitution seiner Elementarstoffe wegen, nur sehr wenig dazu geeignet, den fort und fort stattfindenden Stoff- und Kraftverbrauch des Organismus allein zu bestreiten. Am sparsamsten d. h. mit dem geringsten Gewicht an Nahrungsstoffen kann eine vollständige Ernährung, durch einen reichlichen Zusatz von Fett zum Eiweisse erreicht werden.

Schon der geringe Sauerstoffgehalt des Fettes neben seinem grossen Gehalt an Kohlenstoff und Wasserstoff abgesehen von seiner Beeinflussung resp. Beschränkung der Sauerstoffaufnahme in der Respiration haben darauf hingedeutet, dass dieser Substanz eine bedeutende Rolle im thierischen Haushalte, dessen Kraftproduction auf Verbrennungsvorgängen beruht, zugetheilt sein müsse. Die experimentellen Erfahrungen an Thieren und am Menschen zeigen, dass wir eine nur sehr geringe Menge von Albuminaten zu geniessen brauchen, wenn dem Körper genügend Fett zugeführt wird.

Wenn nur genug Fett im circulirenden Säftevorrath des Organismus vorhanden ist, so ist der Verbrauch an Eiweiss ein sehr geringer. So muss also, wie lange bekannt, ein fettreicher Organismus den Hunger ohne allzu grossen Kräfteverlust, Verlust an Muskelsubstanz, viel länger ertragen können als ein

fettarmer, da ersterer wenigstens anfänglich mehr Fett aus seinen Organen der circulirenden Säftemasse beizumischen vermag, sodass in ihr das Eiweiss-Fettverhältniss lange ein Plus zu Gunsten des Fettes ergeben kann.

Hungerzustand.

Der Hungerzustand ist von dem Zustande der Ernährung nicht principiell verschieden. Die Lymphgefässe saugen fortwährend die in den Organen vorhandenen flüssigen Nährstoffe ein und führen sie dem Blute zu. Bei der Ernährung wird nur ein Organ — der Darm — künstlich von aussen her mit Nährstoffen überladen, sodass er plötzlich eine so grosse Säftemasse dem Blute übergeben kann, dass man die fort und fort genau in derselben Weise stattfindende Ernährung des Blutes aus den anderen Organen darüber zu übersehen geneigt ist. Je nach der fettreicheren Zusammensetzung der Organe, aus denen die Säftemasse ihre Speisung zieht, muss selbstverständlich der Hungerzustand bei verschiedenen Individuen ebenso verschieden sein, wie die mehr oder weniger fettreiche Ernährung.

Ein hungernder Organismus der kein Fett besässe, müsste seine täglichen Körperverluste allein aus seinem Eiweissorganvorrath bestreiten, er bedürfte dazu eine sehr grosse Menge von Stoff ähnlich, als wollte er sich sonst durch alleinige Fleischnahrung erhalten. Je fettreicher er ist, je mehr Fett demnach dem Säftevorrath aus den Organen neben Eiweiss übergeben werden kann, desto geringer wird sein Stoffverbrauch im Ganzen sein, da nun ein Theil seiner Leistungen auf Kosten des Fettes bestritten wird.

Ein fettreicher Organismus verbraucht im Hunger also zuerst ein Plus von Fett, sodass sich endlich das Eiweiss-Fettverhältniss seiner Organe zu Gunsten des Eiweisses modificiren muss; schliesslich wird ein Zustand eintreten, in welchem das Eiweiss ein gewisses Uebergewicht über das Fett erhält, sodass bei lange hungernden Organismen der Eiweissverbrauch gegen den Fettverbrauch wieder etwas zunimmt, während vorher eine Reihe von Tagen hindurch der tägliche Verbrauch, also auch die täglichen Ausscheidungen durch Respiration und Nieren sich gleichmässig erhält.

Man sieht aus dem bisher Gesagten, wie wenig wir auch für den Hungerzustand eine für alle Organismen allgemein geltende Verbrauchsregel aufstellen können. Ebenso wie bei verschiedener Nahrungszufuhr von aussen her die Umsatzverhältnisse ganz verschieden sich gestalten, ebenso müssen sie es thun, wenn die »innere Nahrungszufuhr aus den Organen« eine verschiedene ist. Da kein Organismus mit einem anderen in Beziehung auf seine Körperstoffverhältnisse ganz identisch ist, so ist auch der Zustand des Hungers bei jedem ein verschiedener und wird für jeden quantitativ verschiedene Folgen haben.

Der Verlust an Organstoffen, welchen der Hungernde in 24 Stunden erleidet, ist ein nur sehr geringer. Sehen wir von der Salz- und Wasserabgabe ab, welche natürlich fort und fort stattfindet, so beträgt der Körperverlust kaum ein ganzes Procent.

Beobachtungen am Menschen, die uns hier vor allem interessiren, ergaben,

dass auf 1000 Gramm des menschlichen Körpers am zweiten Hungertage im Mittel ein Verlust von 0,13 Gramm Stickstoff und 2,59 Gramm Kohlenstoff trifft.

Diese geringen Stoffmengen, welche täglich verloren gehen, machen es verständlich, dass der thierische und menschliche Organismus, besonders wenn die Wasser- und damit auch, wegen der im Trinkwasser enthaltenen anorganischen Stoffe, die Salzaufnahme nicht gehindert ist, den Hunger so lange Zeit erträgt, so dass der Tod durch Mangel an Nahrungszufuhr allein erst zu Ende der dritten Woche eintritt.

Der allgemeinen Selbstverzehrung entsprechend findet sich die Organmasse der Verhungerten sehr vermindert. Die Fettablagerungen sind gänzlich verschwunden, auch die Muskeln sind sehr reducirt, während das Nervengewebe und das Herz fast gar keine Verluste zeigen. Der Tod tritt ein, nachdem das Körpergewicht etwa auf die Hälfte herabgesunken ist. Nach den Bestimmungen Voit's war der Verlust, den die Organe einer verhungerten Katze erlitten hatten folgender:

	100 Gramm frisches Organ verloren:	100 Gramm trockenes Organ verloren:
Knochen	13,9 %	— %
Muskeln	30,5 ,,	30,2 ,,
Leber	53,7 ,,	56,6 ,,
Nieren	25,9 ,,	21,3 ,,
Milz	66,7 ,,	63,1 ,,
Herz	2,6 ,,	— ,,
Gehirn und Rückenmark	9,2 ,,	0 ,,
Fettgewebe	97,0 ,,	— ,,
Blut	27,0 ,,	17,6 ,,

Die Organe werden durch den Hunger wasserreicher. Bei einer verhungerten Katze war nach Voit der Wassergehalt der Muskeln bis auf 76,5 % gestiegen, während er bei einer wohlgenährten Katze 74,6 % betrug. Bei Fröschen sinkt nach meinen Beobachtungen die Menge fester Stoffe in den Muskeln während des Winters, indem diese Thiere keine Nahrung aufnehmen von 21 % auf 17 %, während der Wassergehalt entsprechend steigt.

Langdauernde Ernährungsstörungen machen sich beim Menschen in derselben Richtung geltend. Bei einem alten an Marasmus verstorbenen Manne waren die festen Bestandtheile seiner Organe bedeutend vermindert und durch vermehrtes Wasser ersetzt. Zur Vergleichung stelle ich meine Beobachtungen mit denen von E. Bischoff zusammen, die er an einem gesunden Hingerichteten in mittleren Jahren gewann:

100 Gramm feuchtes Organ enthalten feste Bestandtheile

	I. Mann im mittleren Alter:	II. Mann, alt:
Muskeln	24,3 %	15,2 %
Gesammthirn . . .	25,0 ,,	19,5 ,,
weisse Gehirnmasse	—	27,0 ,,
graue ,,	—	12,8 ,,
Rückenmark	30,3 %	27,1 ,,

Nach der Beobachtung von VOIT an der Katze hat das Gehirn am wenigsten von der fortgesetzten Ernährungsstörung gelitten. Auch beim Menschen kann sich das Gehirn am längsten frei erhalten von den Störungen, die der Gesammtorganismus erleidet. Wir sehen bei ausgedehnten Ernährungsstörungen (Krankheiten) nicht selten die geistigen Thätigkeiten noch in voller Frische, während die übrigen körperlichen Functionen z. B. Muskelleistung ganz darniederliegen. Der Grund hiefür scheint einzig darin zu liegen, dass der Stoffwechsel im Gehirn und den anderen nervösen Geweben entsprechend der geringen Blutzufuhr ein verhältnissmässig geringer ist. Es werden sich demnach alle Störungen des Gesammtorganismus erst in den weiter gehenden Fällen auf die chemische Zusammensetzung dieser Organe von erkennbarem Einfluss zeigen. So sehen wir, wie die vorstehende Tabelle ergiebt, bei anhaltender Ernährungsstörung die Abnahme an festen Stoffen im Muskel und den übrigen Organen Hand in Hand gehen mit einer wenigstens ebenso starken Abnahme an festen Stoffen im Gehirn und Rückenmark.

Die Frage, warum der Tod bei dem Verhungern eintritt, so weit früher als die Organstoffe verzehrt sind, ist noch nicht vollkommen gelöst. Es scheint, dass die grosse Wasserzunahme, welche die Organe erkennen lassen, die nöthigen Oxydationen, wie dieses auch bei der Ermüdung des Muskels stattfindet, nicht mehr in vollem Masse eintreten lassen. Ein höherer Wassergehalt ermüdet vor allem die Musculatur; der Schwächezustand der Hungernden ist wenigstens theilweise auf dieses Verhältniss zu beziehen. Eine solche fortgesetzte Ermüdung oder Halblähmung der gesammten Musculatur wird selbstverständlich alle Organfunctionen wesentlich beeinträchtigen, besonders die Herz- und Athembewegungen, sodass die grosse Reihe von Störungen, die sich daraus secundär ergeben muss, vielleicht schon allein als Todesursache gelten kann.

Auch der Salzmangel, welcher bei Hunger in den Säften eintritt, kann nicht ohne Bedeutung sein, wenn wir bedenken, das die Lebensvorgänge zum Theil auf den Diffusionsvorgängen basiren, welche der verschiedene specifische Salzgehalt der geformten und flüssigen Körperbestandtheile bedingt. Der Körper besitzt nur in den Knochen grössere Reservoirs für anorganische Stoffe, doch sind in diesen nicht alle nöthigen in genügender Menge vertreten, wie die Knochenanalysen ergeben. Es muss im Hunger besonders ein Mangel an Chlorsalzen eintreten, diese fehlen auch in den späteren Hungertagen in den Ausscheidungen gänzlich.

Fettnahrung.

Die Erklärung für die oben mitgetheilte Thatsache, dass das Fett welches aus der Nahrung oder aus den Organen in die circulirende Säftemasse kommt, den Eiweissverbrauch herabsetzt, ist nicht schwer, wenn wir uns daran erinnern, dass in dem Organismus in einer bestimmten Zeit nur eine begrenzte Sauerstoffmenge ozonisirt werden kann, sodass die Zersetzungs- oder Oxydationsgrösse in der Zeiteinheit eine beschränkte ist. Dazu kommt noch die Wirkung des Fettes, die Sauerstoffaufnahme zu beschränken.

Da das Fett eine grosse Verwandtschaft zum Sauerstoff besitzt, so werden überall, wo sich beide Stoffe, Fett und Eiweiss, gleichzeitig vorfinden, sie auch immer zusammen gleichzeitig der Zersetzung unterliegen. Wenn also eine bestimmte Eiweissmenge vorher zur vollständigen Nahrung nöthig war, so bedarf es mit Fett einer geringeren Masse davon, da ein Theil des Sauerstoffs, der zur Zersetzung vorräthig ist, nun vom Fette verzehrt wird. Es erspart also dann das Fett einen Theil des Eiweisses. Genau ebenso nur umgekehrt erspart ein Eiweisszusatz zur Fettnahrung Fett, sodass wenn gleichzeitig Eiweiss gegeben ist, weniger Fett verbrennt. Der Eiweissverbrauch des Organismus kann aber niemals durch Fett gänzlich vermieden werden. Stets ist in dem circulirenden Säftevorrath neben den grossen Fettmengen auch noch Eiweiss vorhanden, welches also mit den Oxydationsbedingungen unterliegt. Dieser Eiweissverlust muss auch bei Fettkost, welche den Oxydationsbedürfnissen des Organismus sonst ganz genügen würde, wieder ersetzt werden, wenn nicht nach und nach eine Eiweissverarmung des Körpers eintreten soll. Freilich wird sich dabei eine solche nur sehr langsam geltend machen.

Bei vollkommenem Hunger verliert ein nicht fettarmer Mensch in 24 Stunden kaum mehr als $^1/_{10}$ Pfd. Eiweiss. Dadurch dass in der Nahrung noch Fett gereicht wird, sinkt dieser Verlust noch etwas herab, sodass wir begreifen, dass wenigstens für einige Tage eine fast ausschliesslich aus Fett (und Mehl) bestehende Nahrung, wie sie von den Holzarbeitern im Gebirge während ihrer schweren Arbeit in der Woche genossen wird, sie bei Kräften zu erhalten vermag, wenn nur von Zeit zu Zeit wieder dem Körper das inzwischen verloren gegangene Albumin ersetzt wird.

Wir wollen auch hier die Lehrsätze, welche Bischoff und Voit nach ihren Untersuchungen am Fleischfresser in Beziehung auf die Fettfütterung aufgestellt haben, anreihen. Sie behalten für den Menschen vollkommene Geltung. Die Versuche lehren:

»1) Dass die Umsetzung stickstoffhaltiger Körpertheile und der Verbrauch des Fleisches zu deren Ersatz durch den Genuss von Fett nicht gehindert wird.«

»2) Dass selbst die Vermehrung des Umsatzes dieser stickstoffhaltigen Körpertheile durch vermehrte Fleischnahrung, durch die Verbindung mit Fett nicht verhindert wird, sondern derselbe in gleicher Weise steigt, als wenn auch vermehrte Mengen von Fleisch allein gefüttert werden.«

»3) Dass ferner sogar das Fett und vermehrte Mengen desselben den Umsatz der stickstoffhaltigen Körpertheile vermehren.«

(Eine solche Vermehrung des Umsatzes findet bei jeder Vermehrung des circulirenden Säftevorrathes statt, wie er stets durch Nahrungsaufnahme erfolgt. Es finden sich ja, wie wir gesehen haben, die Bedingungen der Zersetzung während die Flüssigkeit die Zellmembranen durchsetzt. Je grösser die gleichzeitig wandernde Flüssigkeitsmenge, desto grösser muss auch die in ihr stattfindende Zersetzung sein, wenn eine dazu ausreichende Sauerstoffmenge vorhanden ist).

»4) Dass aber dennoch das Fett stets die Umsetzung der stickstoffhaltigen Körpertheile um eine bestimmte Grösse herabsetzt, welche grösser ist, als diejenige, um welche dasselbe nach dem vorhergehenden Satz den Umsatz vermehrt. Obgleich dieser den Umsatz

des Fleisches vermindernde Einfluss des Fettes an und für sich nicht gross ist, kann es dadurch dennoch erzielt werden, dass die Menge des gleichzeitig dem Thiere zu gebenden Fleisches nur $1/_3$ bis $1/_4$ derjenigen zu sein braucht, die man ihm ohne Fett geben muss, wenn es von seinem eigenen Fleische und Fette Nichts verlieren soll.«

»5) Dass endlich der Verbrauch an Fett vom Körper durch das Fett in der Nahrung je nach der gereichten Menge Fett und Fleisch vermindert, oder ganz vermieden, oder selbst ein Ansatz von Fett erzielt werden kann.«

Ernährung mit Zucker, Stärke und Leim.

Alles was von der Wirkung des Fettes in der Nahrung neben Eiweiss gesagt wurde, lässt sich auch auf den Zucker anwenden. Auch er kann Eiweiss ersparen in dem auseinander gesetzten Sinne. Der Zucker ist in sofern noch von weiterer Bedeutung, als er auch das Fett des Körpers zu ersparen vermag. Er ist daher wenn ein Fettansatz gewünscht wird ein zweckmässiger Zusatz zur Nahrung. Doch bedarf es dazu, dass der Zucker den Umsatz soweit herabdrücken soll, dass der Ersatz durch die stickstoffhaltige Nahrung ausgeglichen, und kein Fett vom Körper mehr verbraucht wird, grösserer Mengen als von Fett. Der Zucker enthält ja weit mehr Sauerstoff als das Fett, es nimmt also das gleiche Gewicht Zucker weit weniger Sauerstoff in Beschlag als Fett.

Das Stärkemehl hat in der Nahrung vollkommen die gleiche Bedeutung wie der Zucker. Wir werden erfahren, dass es durch die Verdauungsorgane in Zucker verwandelt wird und also im Organismus nicht als Stärkemehl sondern als Zucker zur Wirksamkeit kommt.

Der Leim und die leimgebenden Gewebe spielen ebenfalls eine den Fetten und Kohlehydraten ähnliche Rolle. Der Leim zersetzt sich zu Harnstoff, seine weiteren Zersetzungsproducte nehmen Sauerstoff in Beschlag und ersparen somit andere in dem circulirenden Säftevorrath vorhandene Stoffe: Eiweiss, Fett, Kohlehydrate etc.

Alle anderen oxydirbaren, in der Nahrung und in der circulirenden Säftemasse vorkommenden organischen Stoffe haben den bisher genannten gegenüber einen nur untergeordneten Werth. Sie dienen mit zur Ersparung der anderen oxydablen Materien im Organismus, doch ist ihre Wirkung, ihres verhältnissmässig grossen Sauerstoffgehaltes wegen, von geringer Bedeutung.

Hierher sind die Extractivstoffe des Fleisches zu rechnen, welche theilweise im Organismus nicht weiter oxydirt werden, theilweise nur noch eine geringe Menge von Sauerstoff aufnehmen. Das elastische Gewebe des Fleisches kann natürlich schon seiner Unlöslichkeit in den Verdauungssäften wegen gar nicht zur Wirksamkeit gelangen.

Den Extractivstoffen des Fleisches analog verwerthet der Organismus die nicht giftigen stickstoffhaltigen Pflanzenbasen und die organischen, sauerstoffreichen Säuren.

Einfluss anorganischer Stoffe auf die Ernährung.

Durch Voit hat das Kochsalz eine erneute eingehende Untersuchung über seinen Einfluss auf die Ernährung erfahren.

Nach seinen Beobachtungen vermehrt das Kochsalz den Eiweissumsatz im Organismus und zwar darum, weil es den »intermediären Stoffkreislauf«, die Geschwindigkeit der Säfteeirculation von Zelle zu Zelle steigert.

Es wirkt hier das Kochsalz im Organismus genau eben so wie ausserhalb desselben bei künstlich angestellten Diffusionsversuchen. Eine durch eine Membran verschlossene Röhre, in die man eine Kochsalzlösung hereingebracht hat, saugt, wenn man sie in's Wasser herein senkt mit grosser Kraft Wasser an; das Salz in der Röhre wirkt wie eine Pumpe. Die gleiche Wirksamkeit entfaltet es im Organismus; es verdankt seine nützlichen Wirkungen für den Körper vor allem seiner Eigenschaft, die Bewegung der Flüssigkeiten von Zelle zu Zelle, von Organ zu Organ einzuleiten.

Je rascher der Säftestrom erfolgt, je öfter ein und dasselbe Theilchen Stoff in die Nähe der oxydirenden Materien gebracht wird, desto reichlicher wird in der Zeiteinheit die Zersetzung ausfallen.

Es ist von selbst einleuchtend, dass Dasselbe für alle anorganischen, leicht diffundirbaren Körper- oder Nahrungsbestandtheile gilt; sie werden alle die gleiche Wirkung wie das Kochsalz entfalten; für das Glaubersalz hat Voit diese sichere Vermuthung durch Ernährungsversuche direct erwiesen.

Aus meinen Diffusionsbeobachtungen am Muskelgewebe geht hervor, dass auch die leicht diffundirbaren Zersetzungsproducte des Eiweisses (Harnstoff, Kreatin, Kreatinin etc. etc.) oder der Kohlehydrate (Milchsäure und die anderen im Muskelsaft aufgefundenen organischen Säuren etc.) die gleiche Rolle spielen. Auch sie steigern, wenn sie in grösserer Menge vorhanden sind, den Säftestrom in den Organen; ein Muskel, der durch angestrengte Arbeitsleistung sich mit Zersetzungsproducten seiner Substanz beladen hat, pumpt aus den ihn umgebenden Flüssigkeiten Wasser in sich ein und wäscht dadurch jene ihn ermüdenden Stoffe aus sich heraus. Wie im Muskel findet natürlich auch in den übrigen Organen der gleiche Vorgang unter den gleichen Bedingungen statt.

Auch durch Wasserzufuhr wird die Stoffzersetzung im Organismus vermehrt, aus dem gleichen Grunde, den wir bei der durch Kochsalz gesetzten Steigerung des Umsatzes schon erkannten, nämlich dann, wenn durch das Wasser der Säftestrom auf eine höhere Stärke gehoben wird. Die gegentheilige Wirkung findet sich ein, wenn Wasser in den Organen stagnirt, sodass sie an Wasser reicher sind, ohne dass sie gleichzeitig eine genügende Salzmenge zur Bewegung desselben in sich enthalten. So findet sich nach ermüdender Muskelbewegung der Muskel wasserreicher. Es hindert dann das Wasser die Stoffzersetzung, indem es sich zwischen die oxydirbaren Molecüle einschiebt, sodass auf dem gleichen Raume die Oxydationsbedingungen weniger brennbare Substanz antreffen, also ihre Wirkung in geringerer Weise entfalten können als bei weniger wasserreichen Organen. Es ist also unter Umständen das Wasser in

den Organen eine Hemmungsvorrichtung der Stoffzersetzung, wie wir das bei der Ermüdung des Muskels, welche im gesteigerten Wassergehalt einen ihrer Hauptgründe hat, noch eingehender besprechen werden.

Durch Wassertrinken kann die Harnstoffausscheidung, die wir als ein Maass des Eiweissverbrauches im thierischen und menschlichen Körper ansehen, nicht unbedeutend vermehrt werden.

Nahrungsmenge.

Nach diesen allgemeinen Betrachtungen haben wir uns nach den Mengenverhältnissen umzusehen, in welchen die Nahrungsmittel gereicht werden müssen, um den täglichen Körperverlust vollkommen zu ersetzen.

Es liegt sehr nahe, als unteres Maass dafür den Stoffverbrauch im Hungerzustande anzunehmen; — man ist versucht zu glauben, dass eine Nahrungszufuhr, welche den Hungerverlust deckt, auch eben zur Ernährung hinreichend sein müsse. Meine Untersuchungen ergeben für den Verbrauch im Hunger bei dem Menschen im Durchschnitt etwa 50—60 Gramm Albumin und 200 Gramm Fett im Tage. Reicht man diese Nahrung, so bemerkt man sogleich, dass sie zum Ersatz nicht ausreicht. Der Grund dafür liegt in der schon mehrmals besprochenen Steigerung, welche der Umsatz erfährt, sowie durch Nahrungsaufnahme der circulirende Stoffvorrath in den Organen vermehrt wird. Die Aufsaugung von Stoffen in diesen Vorrath aus den Organen findet auch nach der Nahrungsaufnahme noch fort und fort statt, und es treten dann die gesteigerten Zersetzungen ein.

Ein besseres Maass gewinnt man aus der Bestimmung der Ausscheidungsproducte, welche der Körper während 24 Stunden abgiebt, bei einer unbestimmten, gewöhnlichen Ernährungsweise. Aus den bestimmten Zersetzungsstoffen können die unbestimmten Einnahmen berechnet werden.

Bei einem derartigen Versuche fand ich als Normalzahlen für die Ausscheidungsproducte in 24 Stunden:

für Haut und Lungen:

791,1 Gramm CO_2
=215,7 ,, C

für den Harn:

40,00 Gramm Harnstoff } = 18,85 N
0,53 ,, Harnsäure } = 8,20 C

Die Gesammtmenge des ausgeschiedenen Kohlenstoffs betrug 223,9 Grm. Das Verhältniss des N zum C in den Ausscheidungen beträgt:

1 : 12

Rechnen wir wie bei Hunger den ausgeschiedenen Kohlenstoff allen auf Fett nach der Formel, welche Chevreul für Menschenfett aufstellte — 79 % C in 100 Theilen —, so ergeben sich 200 Gramm Fett neben 122 Gramm Eiweiss.

Die Eiweissmenge in der gewöhnlichen Nahrung, die nur durch den ge-

sunden Appetit geregelt wird, beträgt demnach gerade das Doppelte des Eiweissverlustes des hungernden Organismus, während der Fettverbrauch in beiden Fällen ganz gleich scheint, doch dürfen wir nicht vergessen, dass wenigstens ein Theil der CO_2 auch von anderen kohlenstoffhaltigen Materien der Nahrung geliefert wurde als Fett.

Es ist bemerkenswerth, dass das Stickstoff-Kohlenstoffverhältniss in den Ausscheidungen auch bei grossen scheinbaren Aenderungen in der Nahrungsaufnahme, wenn diese dem Appetit zu bestimmen überlassen blieb wie 1 : 12 gefunden wurde.

Es ist klar, dass die Nahrung unter allen Umständen etwas mehr Stoffe enthalten muss als die Excrete rechnen lassen würden, da ja ein Theil der ersteren den Körper unverdaut wieder verlässt. Da die Verdauungsstärke der verschiedenen Organismen sehr verschieden sich verhält, so lässt es sich begreifen, wie die gleiche Nahrungsaufnahme z. B. bei den Genossen eines Kosttisches so verschiedene Erfolge hervorbringen kann. —

Es ist möglich, die Nahrung des Menschen nicht nur chemisch nach ihren Elementarstoffen zu bestimmen, sondern sie auch für längere Zeit hindurch gleichmässig zu halten; sodass man am Menschen ebenso wie an Thieren mit aller wünschenswerthen Exactheit Ernährungsversuche anstellen kann.

Bei einem Mittelgewichte von 74 Kilogramm war meine Ernährung mit Nahrungsmitteln, welche 15,22 Gramm N und 228,7 Gramm C enthielten, eine vollständige, sodass ich eine Woche hindurch meine Körperausgaben damit vollkommen bestritt. Die Zusammenstellung der einzelnen Nahrungsstoffe war möglichst dem gewöhnlichen Essen der mittleren Stände nachgeahmt und sie kann wohl für ähnliche Umstände als Normalmischung gelten.

Die Nahrung bestand in Folgendem:

250	Gramm	Fleisch . .	= 8,5	Gramm	N	und	31,8	Gramm	C
400	,,	Brod . . .	= 5,1	,,	,,	,,	97,44	,,	,,
70	,,	Stärke . .	= 0	,,	,,	,,	26,05	,,	,,
70	,,	Eiereiweiss	= 1,52	,,	,,	,,	5,99	,,	,,
70	,,	Schmalz . }	= 0,1	,,	,,	,,	67,94	,,	,,
30	,,	Butter . . }							
10	,,	Salz							
2100	Cc.	Wasser							
		Zusammen	15,22	Gramm	N	und	228,7	Gramm	C

Das Stickstoff-Kohlenstoff-Verhältniss beträgt hier:

1 : 15

Das Fleisch wurde vollkommen von dem anhaftenden Fett befreit gewogen und dann mit einem Theile des Schmalzes gebraten; aus dem Reste des letzteren mit der Stärke, Eiereiweiss und Salz wurde ein »Schmarren« bereitet. Die Butter wurde zum Brode genossen.

Wie vollkommen diese Nahrung zur Deckung der Körperausgaben hinreichte, lässt sich aus einer kleinen Tabelle erkennen, in welcher den chemisch bestimmten Einnahmen in 24 Stunden, die ebenfalls chemisch bestimmten Ausgaben während derselben Zeit gegenüber gestellt sind:

Einnahmen:

	N	C
In der Nahrung	15,22	228,72

Ausgaben:

	N	C
Im Harne	14,84	6,52
Im Kothe	1,12	10,6
In der Respiration	0	207,0
Zusammen:	15,96	224,6.

Die Fehler = Differenzen in den Bestimmungen sind nicht grösser als sie bei einer chemischen Elementaranalyse der Nahrungsstoffe, wenigstens bei so grossen Mengen, wie sie hier vorliegen, sich auch würden ergeben haben. Bei vollständiger Ernährung gleicht der Vorgang wirklich einer Elementaranalyse, es werden genau soviel Stoffe im Körper verbrannt als in der Nahrung aufgenommen wurden; doch muss man sich wohl vor der Meinung hüten, als seien es die Nahrungsmittel, die in den Organismus eingeführt werden, direct, welche in demselben während 24 Stunden so vollständig verbrennen. Es verbrennt stets ein aliquoter Antheil des circulirenden Säftevorrathes. Wenn einmal die Stoffe der Nahrung in diesen aufgenommen sind, so vermischen sie sich mit den schon vorhandenen und die Oxydationsbedingungen machen keinen Unterschied, ob ein Molecül schon 14 Tage oder erst seit einer Stunde mit circulirt. Ich erinnere an das oben gebrauchte Beispiel von dem Troge eines fliessenden Brunnens. Wir sehen beständig zu- und abfliessen, Einnahmen und Ausgaben halten sich vollkommen das Gleichgewicht; es wird aber Niemandem einfallen, dass das in einer Minute ausfliessende Wasser gerade dasjenige sei, welches während dieser Minute in den Trog einfloss.

Setzen wir in die Tabelle der aufgenommenen Nahrungsstoffe einfachere Ausdrücke ein, so erhalten wir als ausreichende Nahrung für einen erwachsenen Mann von 74 KGramm, bei mässiger Körperarbeit:

an Albuminaten (15,5N)	= 100	Gramm
,, Fett	= 100	,,
,, Stärkemehl (Fettbildner)	= 240	,,
,, Salz	= 25	,,
,, Wasser	= 2600	,,
Zusammen:	= 3065	Gramm.

Verschiedene Ernährungsweisen.

Moleschott hat versucht aus älteren Versuchsreihen von Mulder, Playfair, Liebig, Wundt, Genth und Gasparin das Kostmaass eines arbeitenden erwachsenen Mannes zu berechnen. Es ist bemerkenswerth, wie ungemein nahe dasselbe mit dieser unserer Normaldiät, welche experimentell ausgeprobt wurde, übereinstimmt. Nur ist der ganze Verbrauch etwas höher gegriffen, was wohl darin seinen Grund hat, dass man vor meinen Kohlensäurebestimmungen am Menschen mit dem Pettenkofer'schen Respirationsapparate die Kohlensäureausscheidung des Erwachsenen ziemlich viel höher schätzte; meist legte man

den von LIEBIG aus der Nahrung hessischer Soldaten gefundenen Werth von $27^8/_{10}$ Loth Kohlensäure zu Grunde. Das von mir beobachtete Individuum würde bei dem MOLESCHOTT'schen Kostmaasse Stoffe angesetzt haben, also gemästet worden sein.

Nach der Berechnung MOLESCHOTT's müsste das tägliche Kostmaass für einen kräftig arbeitenden erwachsenen Mann betragen:

an Albuminaten	=	130	Gramm
,, Fett	=	84	,,
,, Stärkemehl (Fettbildnern)	=	404	,,
,, Salzen	=	30	,,
,, Wasser	=	2800	,,
Zusammen:		3448	Gramm.

Die Gesammtstickstoffmenge beträgt hier

20,2 Gramm N.

Die Gesammtkohlenstoffmenge:

320 Gramm C.

Das Stickstoff-Kohlestoff-Verhältniss ist dabei auch:

1 : 15,

der gleiche Werth, den auch wir bei unseren Beobachtungen gefunden haben.

Es ist nach unseren Vorbesprechungen von selbst einleuchtend, dass diese Zahlenangaben keinen absoluten Werth beanspruchen können. Es ist keine Frage, dass bei ausreichender Ernährung das Verhältniss der Nahrungsstoffe zu einander und damit ihr absolutes Gesammtgewicht ein sehr verschiedenes sein könne.

Der Körper des Menschen ist ja nicht etwas Gleichbleibendes. Sein jeweiliger Gehalt an Fleisch und Fett und damit auch die Grösse seiner Zersetzungen ist das Resultat der vorausgehenden Nahrungsweise. Um den Körper auf seinem Ernährungsstand zu erhalten, kann eine Nahrungsmenge z. B. wie die oben angeführte dienen; doch ist zu dem angestrebten Zwecke gerade die angegebene Mischung nicht erforderlich.

Nehmen wir an, dass der Mensch allein von Fleisch sich ernähren kann, wie es der Hund vermag, so würden wir zu demselben Zwecke ausreichen nach unserer oben angestellten Rechnung mit:

2000 Gramm Fleisch.

Diese Fleischmenge enthält: 68 Gramm N und 250,4 Gramm C. Das Stickstoff-Kohlestoff-Verhältniss würde betragen:

1 :3,7.

Im Hungerzustande erhält sich derselbe Organismus mit 50—60 Gramm Albumin, also etwa

200 Gramm Fleisch und
200 Gramm Fett.

Das Stickstoff-Kohlestoff-Verhältniss beträgt im Durchschnitt:

1 : 20,5

Bei rein stickstofffreier Kost wird der Albuminverbrauch des Organismus noch herabgesetzt selbst gegen den Hungerzustand, das Stickstoff-Kohlestoff-Verhältniss steigt dabei auf

1 : 24,7.

Ich deckte in anderen Versuchsreihen meine täglichen Körperverluste noch durch mehrere andere Nahrungsstoffcombinationen. In einer Reihe wurden genossen:

Rindfleisch	= 500 Gramm	= 17 Gramm N	und	62,7 Gramm C
Brod . . .	= 200 ,,	= 2,56 ,, ,,	,,	48,72 ,, ,,
Fett . . .	= 80 ,,	= 0 ,, ,,	,,	54,29 ,, ,,
Rohrzucker	= 125 ,,	= 0 ,, ,,	,,	52,7 ,, ,,
Salz . . .	= 10 ,,			
Wasser . .	= 2000 CC			
	Zusammen:	19,56 Gramm N	und	218,4 Gramm C

Das Stickstoff-Kohlenstoff-Verhältniss ist hier:

1 : 11,2,

sehr annähernd an die Grösse, welche das Verhältniss bei nur durch den Appetit geregelter Kost einhält, wo ich es in zwei verschiedenen Versuchen wie:

1 : 12 fand.

Es ist einleuchtend, dass wir nach diesen Erfahrungen nicht mehr von einem ein für alle Male feststehenden Kostsatze, in welchem eine bestimmte Menge von Albumin und von stickstofffreien Nahrungsstoffen vertreten sein müsste, sprechen können. Die Erhaltung des jeweiligen Körperzustandes gelingt mit den verschiedenartigsten Combinationen. Zu den Erfahrungen, die wir vom Menschen angeführt haben, kommen die ungemein zahlreichen und schlagend beweisenden, welche in den Ernährungsversuchen von Bischoff, Pettenkofer und Voit am Hunde gewonnen wurden.

Die verschiedene Art der Volksernährung in den verschiedenen Ländern beweist ebenfalls die Richtigkeit dieses Satzes.

Nach Playfair sind in der Nahrung englischer Landbauer nur 67,15 Gramm Albuminate auf 238,62 Gramm stickstofffreie Nahrungsmittel enthalten; eine andere Bestimmung ergab demselben: 87,72 Gramm Albuminate auf 350,94 Gramm stickstofffreie Substanzen.

Die Bauern des bayerischen Gebirges und der bayerischen Hochebene essen nur an vier Feiertagen im Jahre Fleisch. Sie nähren sich sonst von Mehlspeisen, die durch ihren ungemeinen Fettreichthum auffallen.

Die Albuminate im Mehl würden nicht ausreichen, ihre Körperverluste mit dem genossenen Mehle allein zu bestreiten. Der grosse Fettzusatz, der Körperstoff ersparend wirkt, drückt den Eiweissumsatz so weit herab, dass der Körper trotz des scheinbaren Eiweissmangels in der Nahrung nicht eiweissärmer wird.

Bei Bergbesteigungen, bei den schwersten Arbeiten auf Bergen bedürfen sie keiner anderen Kost, sie setzen höchstens noch etwas mehr Schmalz und Butter zu ihrem Essen zu.

Reisende berichten von den erstaunlichen Fettmengen, welche die Bewohner der Polarländer zu geniessen pflegen.

Dagegen erzählt Darwin bei Gelegenheit der Beschreibung seines Aufenthaltes in den Pampas, dass er mehrere Tage nichts als Fleisch genossen und

sich ganz wohl dabei befunden habe. Die Gaucho's berühren in den Pampa's Monate lang nichts als Rindfleisch.

Doch kennen auch diese fleischessenden Nationen den Werth des Fettes, sie verschmähen mageres, trockenes Fleisch.

Wir sehen, wie geschickt der Volksinstinct die richtige Verbindung der Nahrungsstoffe herauszufinden weiss; die Erfahrung hat dem Menschengeschlecht seit dem Beginne seines Daseins Alles gelehrt, was die Wissenschaft erst mühsam zu ergründen und zu begründen bestrebt ist. Dem Einzelnen unbewusst zeigt sich über der ganzen Lebensweise der Nationen eine strenge Gesetzmässigkeit. —

Die Volksnahrung bestrebt sich im Allgemeinen den Körper auf einem ziemlich hohen Organstand — Muskel- und Fettmenge — dauernd zu erhalten. Sie ist stets Erhaltungs-Nahrung.

Die Ernährung kann auch, wie wir wissen, von einem anderen Gesichtspuncte ausgehen. Sie kann eine bestimmte Veränderung des Körperzustandes anstreben. Sie kann beabsichtigen, den Körper fett- oder fleischreicher, fett- oder fleischärmer zu machen. Die verschiedenen Berufsweisen, Geschlechter, Lebensalter erfordern eine verschiedene Nahrung.

Wir wollen einige hervorragende Beispiele der Art noch besprechen.

Ernährung der Truppen.

Beginnen wir mit der Ernährung der Truppen.

Die Aufgabe scheint ziemlich einfach zu lösen. Wir haben in den zu Ernährenden kräftige erwachsene Männer vor uns, die wenigstens theilweise und zu Zeiten stark zu arbeiten haben.

Trotz der scheinbaren Einfachheit fällt in den verschiedenen Ländern die Antwort auf die uns vorliegende Frage sehr verschieden aus.

Wir verdanken Liebig eine Zusammenstellung der Nahrungsmengen, welche von einer Compagnie hessischer Soldaten während eines Monats aufgenommen wurden, zusammen mit den in der gleichen Zeit ausgeschiedenen Excrementen. Liebig benutzte die so gewonnenen Zahlen zur Berechnung des täglichen Bedarfes an Kohlenstoff für einen Erwachsenen.

Es ergiebt sich, dass auf einen Soldaten der beobachteten Compagnie eingerechnet, was er noch neben seiner militairischen Beköstigung zu sich nimmt, 75,74 Gramm Albuminate auf 447,86 Gramm stickstofffreie Stoffe treffen.

In Bayern besteht nach den Zusammenstellungen von Voit die Nahrung des Soldaten aus 750 Brod, 392 Fleisch vom Metzger, worin noch 33 Gramm Fett enthalten sind, 150 Reis, Erbsen, Linsen, Gerste, 67 Schmalz oder Speck. Die einzelnen Nahrungsstoffmengen entziffern sich daraus folgendermassen:

		Eiweiss:	Fett:	Stärke:
750 Gramm	Brod	62	—	324
392 ,,	Fleisch, worin enthalten sind: . .	71	3	—
33 ,,	Fett }	—	100	—
67 ,,	Schmalz oder Speck }			
150 ,,	Reis, Gerste, Erbsen, Linsen . .	15	—	74
1392 Gramm	=	148 +	103 +	398.

Nach Playfair betrugen früher die Albuminate in der Nahrung der bayerischen Soldaten nur 69,42 Gramm auf 336,23 Gramm stickstofffreie Substanzen.

In Frankreich ist die Nahrungsmenge im Frieden: 328 Fleisch und 846 Brod. Doch sind gerade hier die Kostsätze sehr wechselnd. Nach Hildesheim erhält der Mann im Felde 24 Loth = 400 Gramm Fleisch.

In Oesterreich erhielt der Soldat früher: 882 Brod, 264 Fleisch und 186 Mehl oder 132 Erbsen.

Nach dem Vorschlag von Artmann sollte der Kostsatz für den Mann der österreichischen Armee sein:

	Eiweiss:	Fett:	Stärke:
428 Fleisch	71	45	—
70 Fett	2	48	—
750 Brod	47	9	345
Gemüse	16	2	120
	136 +	104 +	465.

Nach den neuesten Mittheilungen erhält der Soldat in der Caserne im Frieden im Tage $\frac{1}{3}$ Pfund Rindfleisch, während des Marsches aber und im Kriege $\frac{1}{2}$ Pfund Rindfleisch oder $\frac{2}{3}$ Pfund Schaffleisch.

Ein englischer Soldat in Europa erhält nach Playfair 119,05 Albuminate auf 385,88 stickstofflose Nahrungsstoffe; in Indien 112,46 auf 339,82. Bei einem englischen Matrosen besteht die Nahrung bei frischem Fleisch aus 114,67 Gramm Albuminaten auf 338,82 Gramm stickstofffreie Substanzen; bei gesalzenem Fleische treffen 134,46 Gramm der ersteren auf 435,35 der letzteren.

In Preussen gewährt das Natural-Verpflegungs-Reglement dem Soldaten im Tage: Brod 1 Pfund 12 Loth; Fleisch 9 Loth; Gemüse entweder $5\frac{1}{2}$ Loth Reis oder 7 Loth Graupen oder Grütze, oder 14 Loth Hülsenfrüchte oder $\frac{1}{2}$ Metze Kartoffeln, Salz $1\frac{1}{2}$ Loth. Im Felde, auf Märschen und bei Manövern steigt die Fleischportion bis zu $17\frac{1}{2}$ Loth.

Wir sehen, dass die Mengen der Eiweisssubstanzen im Verhältniss zu den stickstofffreien Stoffen in den Truppenkostsätzen sehr schwankend sind.

Nach den uns bekannten Gesetzen der Ernährung ist es uns sogleich einleuchtend, dass alle die verschiedenen Kostsätze wohl ausreichend genannt werden müssen für die Erhaltung eines kräftigen Mannes auch bei mässiger Arbeit. Es kann hiezu jede Modification der Nahrungsstoffe verwendet werden, welche auf etwa 15—18 Gramm N aus Albuminaten 230 Gramm Kohlenstoff aus Stärke und Fett enthält.

Die Kosten der Erhaltung der stehenden Heere sind enorm. Es ist einleuchtend, dass im Frieden am meisten an der Ernährung der Truppen, ohne ihnen irgend welchen Schaden an ihrer Gesundheit zuzufügen, gespart werden könnte.

Am kostspieligsten ist unter den Nahrungsmitteln das Fleisch. Es wird zweckmässig sein, seine Menge möglichst zu beschränken und das Fehlende mit Schwarzbrod zu ersetzen, welches durch seinen grossen Eiweissgehalt sich empfiehlt. Man kann so den Mann auf einem kräftigen Stande seiner Organe erhalten, ohne dass die Ernährung zu grosse Kosten verursachte.

Anders stellt sich die Frage für den Fall der Truppenverwendung im

Kriege. Die grossen Strapazen, welchen der Einzelne hier ausgesetzt ist, erfordern möglichst grosse Körperkraft bei möglichst geringer Körpermasse, um die Bewegungen mit dem geringsten inneren Widerstande ausführen zu können.

Hier kommt also eine ganz andere Frage zur Beantwortung, als sie uns bei der Beköstigung der Truppen im Frieden vorliegt. Während dort nur eine Erhaltungsnahrung erforderlich war, da es nicht darauf ankam, den Mann für besondere Anstrengungen geschickt zu machen; müssen wir uns hier nach Mitteln aus dem Schatze der Ernährungsgesetze umsehen, welche den schwächlichen oder gemästeten Körper des Rekruten zu einem für den Kriegsdienst tauglichen, muskelkräftigen umwandeln.

Wir wissen, dass dieses nur geschehen kann durch reichliche Zufuhr von Albuminaten in der Nahrung. Das Erste, was eine für den Krieg taugliche Truppenernährung enthalten muss, ist eine bei weitem grössere Menge von Fleisch als sie zur alleinigen Erhaltung des Organismus neben Fetten und Kohlehydraten erforderlich wäre. Es muss möglichst in der Nahrung das Bestreben obwalten, die Körperverlust durch Fleisch zu ersetzen. Am zweckmässigsten würde es sein, soweit es thunlich ist, die Truppen im Felde auf das Regime der englischen Faustkämpfer zu setzen, von dem wir erfahren haben, dass es fast ausschliesslich aus magerem Fleische — Rindfleisch, Beefsteaks — besteht.

Der Nutzen einer Fleischnahrung liegt auf der Hand.

Allein durch sie können wir das Muskelsystem zu einer stärkeren Entwickelung bringen; gleichzeitig ist die Menge von Fleisch, welche eine vollkommene Ernährung erfordert, wie wir sahen, so gross, dass auch, wenn enorme Quantitäten davon verzehrt werden, doch immer, auch neben Eiweissansatz am Körper, noch Fett vom Körper abgegeben und verbrannt wird. Der Körper wird also durch fettarme Fleischnahrung muskelreicher und fettärmer: stärker und beweglicher.

Durch die Fleischkost wird der circulirende Eiweissvorrath vermehrt und damit die Möglichkeit zu Kraftleistungen, zu welchen in jenem das Stoffmaterial liegt, vergrössert.

Diese Grundsätze kamen wenigstens theilweise schon in den letzten Kriegen zur Anwendung.

Im Gegensatze zu den oben von Playfair gemachten Angaben bestand im zweiten Winter in der Krimm die Ration des englischen Soldaten aus:

680 Brod,
567 Fleisch und Fett,
76 Reis,
680 Kartoffeln.

Nicht nur die Nahrungsmenge, sondern vor allem die Eiweissmenge sehen wir in diesem Kostsatze die in dem oben angeführten weit übertreffen. Doch ist hier die Menge der stickstofffreien Nahrungsstoffe unzweifelhaft zu bedeutend. Aus ärztlichen Mittheilungen ergiebt sich auch, dass die Truppen in jener Zeit ein gemästetes Ansehen und eine sehr bedeutende Fettmenge im Unterhautzellgewebe erkennen liessen, welch' letztere vielleicht für Ertragung niederer Temperaturen und nasskalten Wetters im Lagerdienste passend gewesen sein mag, bei chirurgischen Operationen dagegen die Heilungserfolge sehr beein-

trächtigte durch die den Chirurgen bekannte geringe Neigung des Fettgewebes zu vernarben.

Mulder theilt mit, dass der holländische Soldat in Friedenszeit nur 60 Gramm Albuminate in seiner Nahrung erhält; bei angestrengtem Festungsdienst werden sie über das Doppelte, auf 116 Gramm gesteigert, freilich immer noch eine unseren Anforderungen nicht entsprechende Menge.

Anstatt des Brodes der Casernenkost sind, da sie weit mehr Nahrungsmaterial in kleiner Masse enthalten, Speck oder Fett anzurathen. Auch das scharf getrocknete Brod: Zwieback, ist zu empfehlen, wie es schon jetzt in den Militairbäckereien verfertigt wird. —

Gewöhnlich werden der Nahrung der Soldaten im Felde auch noch Spirituosen, besonders Branntwein, zugesetzt. Er hat zweierlei Zwecke zu erfüllen. Bei kalter, besonders bei nasskalter Witterung giebt er ein behagliches Wärmegefühl und hebt schon dadurch die geistige Stimmung, auf die wir den Alkohol so energisch erheiternde Wirkungen ausüben sehen. Dabei steigert er das Kraftgefühl und lässt Müdigkeit leichter überwinden.

Aus diesen Ursachen hält man den Alkohol für einen unentbehrlichen Bestandtheil der Feldkost und es wurden unter Umständen namentlich im Krimmkriege auf russischer und englischer Seite grosse Quantitäten davon täglich verabreicht.

Doch liegt im Branntwein eine nicht zu verkennende Gefahr verborgen. Der Alkohol steigert bei jugendlichkräftigen, gut verdauenden Individuen die Neigung zum Fettansatz, der durchaus für einen feldtüchtigen Soldaten nicht zu wünschen ist; dabei erfordert ein regelmässiger Alkoholgenuss, um die gleichen Wirkungen hervorzubringen, fort und fort eine Steigerung in der eingenommenen Quantität, wodurch schliesslich die wirklich schädlichen Folgen der chronischen Alkoholvergiftung zur Geltung kommen müssen. Am meisten wäre hier der chronische Magenkatarrh zu fürchten, der eine gute Ernährung und damit ein Gesund- und Kräftighalten der Mannschaft unmöglich machen würde.

Gewiss würde für einige Zwecke, welche man mit Alkoholgenuss zu erreichen bestrebt ist, entsprechender, ungefährlich und gewiss mit nicht geringerer Wirkung Kaffee und Thee gereicht, wenn der Soldat die Möglichkeit hat, Feuer zu machen.

Wir kennen die belebende, kräftigende und ermunternde Wirkung dieser Getränke. Es ist nicht schwer, aus gutem Kaffee ein Extract zu bereiten, dem man selbst Zucker zusetzen kann. Der Kaffee wird damit leicht transportabel und etwas heisses Wasser genügt, um aus ihm ein gutes Getränke herzustellen. Der Branntwein könnte dann zweckmässig auf die Zeiten verspart werden, in denen es für den Soldaten nicht möglich ist, zu kochen.

Für solche Fälle sollte der Soldat im Felde stets Etwas bei sich tragen. Man hat das Verschiedenste angerathen. Mir scheint, dass ein gut verpacktes Stück Käse, sodass er nicht zu viel an Wasser verliert, neben dem Zwieback, den der Soldat stets bei sich führt, das beste Surrogat für andere Nahrung wäre. Es ist mit Branntwein gewiss Das, was dem Soldaten am besten munden würde.

Wir müssen bei allen derartigen Anforderungen bedenken, dass es auch bei starker Arbeit durchaus nicht nothwendig ist für den gesunden, vorher

gut genährten Organismus, dass er alle vierundzwanzig Stunden eine ausreichende Nahrung erhält. Das Wohlbefinden der Leute sinkt bei mangelnder Nahrung — abgesehen vom Hungergefühl, dem einige Schluck Branntwein und Tabak abhelfen können — besonders durch die psychische Herabstimmung, die ein ohne Nahrungsaufnahme verstrichener Tag hinterlässt. Ein kräftiges Stück Käse zum Zwieback oder nöthigenfalls allein, würde, auch wenn es weitaus nicht zum vollkommenen Ersatz des Körperverlustes für den Tag ausreichen könnte, doch am ersten noch — da der Käse in dem Geruche grosser Nahrhaftigkeit steht — den psychischen Eindruck der genügenden Nahrungsaufnahme hervorbringen, auf den es hier vor allem ankommt.

Weit rationeller würde es freilich vom Ernährungsstandpuncte sein, wenn diese Nahrung für den äussersten Nothfall aus Fett — etwa aus einem Stück sehr fettem geräucherten Schweinefleisch: Speck — bestünde. Die gesunden Soldatenmagen würden für seine Verdauung sorgen und der Körperverlust würde dadurch fast vollständig gedeckt werden können. Es würde dazu nur etwa $^1/_2$ Pfund Speck erforderlich sein.

Die Holzarbeiter im Gebirge, welche sich bei ihrer schweren Arbeit fast ausschliesslich mit Fett erhalten, lehren uns, dass es auch bei starker Anstrengung möglich ist, mit einer Fettkost für einige Zeit auszureichen und kräftig zu bleiben, wenn der Körper auch während der Zeit etwas an Eiweiss abnehmen sollte.

Ernährung in Anstalten und Familien.

Die Ernährung in Gefangenenanstalten ist gewöhnlich eine Hungerkost, wenn wir damit eine Kostmenge und Mischung bezeichnen, welche dem Körper erst, wenn er schon auf eine geringe Organmasse herabgekommen ist, auf diesem herabgeminderten Zustande zu erhalten vermag.

Es treten hier die Mängel einer Ernährungsweise noch weit greller zu Tage als bei dem Soldaten, dem schon der Besitz der Freiheit noch anderweitige Nahrungsquellen eröffnet, die natürlich für den Gefangenen verschlossen sind, welcher allein auf sein Kostmaass angewiesen, die täglichen Ausgaben seines Körpers allein mit seinen täglichen spärlichen Nahrungseinnahmen in's Gleichgewicht setzen muss.

Der relative Nahrungsmangel, an den sich der Körper nur schwer und schlecht gewöhnt, ist gewiss in vielen Fällen der Grund, welcher die Freiheitsstrafe für so manchen zu einer Todesstrafe macht.

Der Staat hat auch für diese Elenden nach Kräften zu sorgen, damit sie nicht noch elender gemacht werden, als das Gesetz es verlangt. In einem geordneten Staate muss das Gesetz, welches den Verbrecher verurtheilt, zugleich ihn schützen vor anderweitigen, durch die Strafe nicht beabsichtigten Beeinträchtigungen seiner Person.

So nahe der Gedanke Manchem liegen mag, dass es für einen seiner Freiheit zur Strafe Beraubten nicht nöthig sei, gut zu essen, so ungerecht ist es, ihm seinen nöthigen Unterhalt vorzuenthalten. Die sitzende, eingeschlossene Lebensweise der Gefangenen mag früher den geringen Nahrungssatz für sie

wenigstens etwas entschuldigt haben. Jetzt, da die Arbeit im Freien, besonders die Feldarbeit mit so vortrefflichem Erfolge in den Gefangenenanstalten eingeführt ist, muss auch die Nahrungsmenge jedes Einzelnen dem Bedürfnisse eines Arbeiters genügen. Da bei den Gefangenen jeder Zuschuss zu ihrer Nahrung wegfällt, so sollte ihr Kostsatz wohl etwas höher gegriffen sein als der der Truppen in Friedenszeit. Das dort Gesagte gilt im Allgemeinen auch hier.

Nach Playfair beträgt die Kost der englischen Gefangenen etwa:

an Albuminaten	60 Gramm,
an stickstofffreien Stoffen . . .	430 ,,

Bei den bengalischen auf Hungerkost gesetzten Gefangenen beträgt die Albuminmenge in der Nahrung nur etwa 40 Gramm.

Die erstere Angabe ist nicht viel geringer als die auffallend geringe desselben Autors für den englischen Landbauer. Nach der zweiten könnten im Tage nur 12 Gramm Harnstoff gebildet werden — 6,2 Gramm N —, was dem täglichen Eiweissverbrauch auch bei sehr geschwächtem aber doch gesundem Körper niemals entsprechen kann, da die Harnstoffausscheidung eines gesunden Mannes sicher nicht unter mindestens einige 20 Gramm in 24 Stunden herabsinken darf. Es muss also immer soviel Eiweiss gegeben werden, um eine so grosse Ausgabe zu decken. —

Die Nahrung der heranwachsenden Jugend in Erziehungsanstalten und Familien hat für reichlich Fleisch und nicht zu wenig Fett zu sorgen, um das erforderliche Stoffquantum in möglichst geringer Masse reichen zu können, und die jugendlichen Mägen nicht zu überladen. Hier kann mehr individualisirt werden und ein aufmerksamer, pflichttreuer Director oder Familienvater, der den Mahlzeiten seiner Kinder selbst beiwohnt, kann wohl dem zu Fettansatz neigenden mehr Fleisch und weniger stickstofffreie Nahrung, dem Mageren und dadurch Schwächlichen mehr Fett neben einer gehörigen Fleischportion geben.

Bei heranwachsenden und erwachsenen Mädchen und Frauen ist ein genügender Fleischgenuss zur Entwickelung der Musculatur sehr anzurathen; doch sind in ihrer Nahrung — wenn nicht eine abnorme Neigung zur Fettbildung bemerklich wird — die fettbildenden Substanzen wie Fett, Brod, Mehlspeisen, Zucker etc. nicht absichtlich zu beschränken, da ihr Lebensberuf eine überwiegende Ausbildung des Muskelsystemes nicht verlangt und ein mässiger Fettreichthum die Möglichkeit der mütterlichen Ernährung des Neugeborenen zu steigern vermag. —

Es wird nicht schwer sein, aus dem bisher Gesagten sich in dem einzelnen Falle zurechtzufinden, wenn es gilt die Ernährungsgesetze zu einem gewissen, bestimmt formulirten Zwecke zu verwerthen.

Immer wird sich die Frage auf sehr einfache Gesichtspuncte zurückführen lassen.

Nehmen wir mit Moleschott bei dem Erwachsenen für die nöthige Albuminmenge in der täglichen Nahrung 130 Gramm an = 20,1 Gramm N, so bedürfen wir folgende Mengen von den einzelnen Nahrungsstoffen um dieses Bedürfniss zu decken:

130 Gramm Albumin sind enthalten in:

Käse	388	Gramm,
Linsen	491	,,
Schminkbohnen . .	576	,,
Erbsen	582	,,
Ackerbohnen	590	,,
Ochsenfleisch	614	,,
Hühnereiern	968	,,
Weizenbrod	1444	,,
Mais	1642	,,
Reis	2562	,,
Roggenbrod	2875	,,
Kartoffeln	10000	,,

Die in 24 Stunden verbrauchte Kohlenstoffmenge beträgt mit Zugrundelegung meiner Respirationszahlen und Hinzurechnung von 10 Gramm für den täglichen Kohlenstoffgehalt des Kothes etwa 230 Gramm.

Man würde bedürfen:

von Fett und Fettgewebe	338	Gramm,
von fettfreiem Ochsenfleisch . . .	1917	,,

Nach der Moleschott'schen Annahme erforderte die Respiration etwa 320 Gramm Kohlenstoff. Wenn die Zahl auch zu hoch gegriffen ist, so giebt doch seine darnach berechnete Tabelle die wahren Verhältnisszahlen des Werthes der Nahrungsmittel für den Organismus.

320 Gramme Kohlenstoff sind enthalten in:

Reis	571	Gramm,
Mais	625	,,
Weizenbrod . .	631	,,
Linsen	806	,,
Erbsen	819	,,
Ackerbohnen. .	823	,,
Schminkbohnen	876	,,
Hühnereiern . .	902	,,
Roggenbrod . .	930	,,
Käse	2011	,,
Kartoffeln . . .	2039	,,
Fleisch	2261	,,

Nach diesen Angaben lässt sich leicht berechnen, was für ein Quantum Nahrung wir von den einzelnen Nahrungsmitteln zur hinreichenden Ernährung aufzunehmen haben. Es stellt sich dabei heraus, dass kaum ein einzelnes Nahrungsmittel — abgesehen von den Hühnereiern — zur vollkommenen Deckung des Verlustes hinreicht, wir müssen, wenn wir uns nur eines einzigen Nahrungsmittels bedienen wollen, an Kohlenstoff oder Stickstoff einen Ueberschuss in uns aufnehmen.

Von Käse z. B. würden 388 Gramm hinreichen, um Albuminverlust zu decken, zur Bestreitung des Kohlenstoffverlustes bedarf es dagegen von demselben Käse 2011 Gramm. Aehnlich ist es bei allen Nahrungsmitteln.

Wir sehen, wie zweckmässig unter diesen Verhältnissen die Mischung der

verschiedenen Nahrungsmittel zu Gerichten ist, wie wir sie zu geniessen pflegen. Durch die einfachste Mischung: Butterbrod mit Fleisch können in der gringsten Gewichtsmenge die zur Erhaltung nöthigen Stoffe eingeführt werden.

Fettleibigkeit und Magerkeit.

Es kommt sehr häufig vor, dass der Arzt zur Beseitigung von Fettleibigkeit oder Magerkeit zu Rathe gezogen wird.

Die Grundsätze der beiden rationellen Behandlungsarten sind im Vorausgehenden schon angegeben.

Die in der letzten Zeit so vielfach besprochene Banting-Cur gegen Fettleibigkeit haben wir als das Regime der englischen Preisfechter bezeichnet. Es wird zweckmässig sein, den von seinem Fett zu befreienden Organismus anfänglich mit einer geringeren mageren Fleischmenge zu behandeln, die zum Ersatze seines Verlustes nicht ausreicht, etwa $^3/_4$ Pfund. Er wird dann sogleich eine grössere Menge von Fett verlieren. Ist er so schon etwas fettärmer geworden, so kann nun zu sehr grossen Fleischmengen übergegangen werden, die allein der Appetit zu regeln hat, der Körper wird dabei stets noch an Fett abnehmen. Es ist zweckmässig, den Gewichtsverlust bei solchen Curen mit der Waage verfolgen zu lassen, da die Beobachtung des Erfolges die Cur, die doch an sich lästig ist, erfreulicher macht. Die Banting-Cur verbietet Bier, mit Fett gekochtes Gemüse, Brod. Sie gestattet nur eine sehr mässige Menge trockenen Zwiebacks und leichten Wein.

Nach dem entgegengesetzten Principe muss die Kost der fettreicher zu machenden geregelt sein. Hier müssen neben reichlich Fleisch, die Fettbildner, vor allem wirklich Fett, Butter, Schmalz, aber auch Zucker und Stärkemehl etc. vorwalten. Besonders wird Butterbrod anzurathen sein, um zwischen den Hauptmahlzeiten genossen zu werden, ebenso Bier.

Hier sind auch der Leberthran, das Arrowroot etc. neben den eiweisshaltigen Nahrungsmitteln an ihrem Platze.

Ist der Appetit sehr gering, so muss die zureichende Nahrungsmenge möglichst im Gewichte und Volumen beschränkt werden, am besten dient dazu das Fett. Oft wird Butterbrod noch vertragen und gern gegessen, während andere Nahrung verschmäht wird. Auch süsse, eingemachte Früchte mit viel Zucker und Aehnliches thut hier gute Dienste. Vor allem aber wende der Arzt sich gegen das Vorurtheil des Suppengenusses. Ein Teller Fleischbrühsuppe stillt meist das Essbedürfniss in den betreffenden Fällen vollkommen und nährt nicht oder doch nur viel zu wenig.

Man lasse bei jeder Mahlzeit uerst etwas consistente Nahrung mit möglichst viel Fett oder Zucker nehmen, soweit es der Magen ohne Störung verträgt. Dann erst wird zweckmässig eine Tasse starker Fleischextractsuppe gereicht, um die belebende Wirkung auf das Befinden, die die Suppe hervorbringt, das Gefühl der Kräftigung hervorzurufen. An Stelle aller »nahrhaften« Thee's etc. ist wirkliche Nahrung zu setzen.

Krankenkost.

Obwohl die Ernährung der Kranken nicht in einem physiologischen Vortrage abgehandelt werden müsste, so mag hier doch noch daran erinnert werden, dass für solche das Infusum carnis f. p. sec. Liebig die am leichtesten zu verdauende albuminreiche Nahrung darstellt. Natürlich muss möglichst noch mit Kohlehydraten nachgeholfen werden; wenn Leberthran vertragen werden sollte, wäre der der beste Zusatz, ausserdem Arrowroot, auch Compote mit Zucker etc. Fleischsuppen nur in solchen Flüssigkeitsquantitäten, dass sie den an sich geringen Appetit für andere Nahrung möglichst wenig beeinträchtigen.

Kürzlich hat eine von Liebig veröffentlichte Vorschrift eines Nahrungsmittels für Kinder und Altersschwache mit allem Rechte das grösste Aufsehen gemacht. Gewiss steht ihm eine grosse Zukunft als Krankennahrungsmittel bevor.

Das Nahrungsmittel ahmt die Milch nach als deren Ersatz sie vor allem gedacht ist: »doppelt concentrirte Muttermilch«. Es enthält neben einer geringen Menge wirklicher Milch alle nährenden Bestandtheile derselben. Ein Zuckerzusatz findet nicht statt, da die Stärke des Weizenmehles durch das beigegebene Malz in Zucker verwandelt wird.

Die Mischung besteht aus:

1 Loth (= 17,5 Gramm) feines Weizenmehl,
1 ,, ,, gemahlenes Weizenmalz,
30 Tropfen kohlensaures Kali (die Lösung besteht aus 8 Theile Wasser auf 1 Theil kohlensaures Kali),
10 Loth Milch (= 175 Gramm),
2 ,, Wasser (= 32 Gramm).

Diese Mischung wird zuerst auf gelinder Wärme — 60—70° C — längere Zeit erhalten, bis die Stärke durch das Malz in Zucker verwandelt ist. Dann gekocht. Der Geschmack ist sehr angenehm süss, durch den Malzgeschmack noch gebessert. Es wird selbst von neugeborenen Kindern sehr gern genossen und mit dem trefflichsten Erfolg, doch wird es für solche zweckmässig noch etwas mit Wasser verdünnt. Auch die Zubereitung gelingt bei einigem Aufmerken leicht. Man darf nur anfänglich die Hitze nicht zu sehr steigern, bis der Geschmack deutlich und stark süss wird.

Die Ernährungsart als Krankheitsursache.

In der neuesten Zeit ist von Pettenkofer auf den Wasserreichthum der Gewebe des Körpers als auf eine disponirende Ursache für Erkrankung an Cholera hingewiesen worden.

Wenn wir die Todtenlisten dieser verheerenden Krankheit betrachten, so finden wir unter ihren Opfern vor allen die unterste, ärmste, man könnte sagen hungernde Volksclasse, so dass man die Cholera »eine Krankheit der Armen« hat nennen können. Eben so sehen wir abgearbeitete, übermüdete Individuen dieser Krankheit erliegen, während andere, welche sich, die Ermüdung ab-

gerechnet, in den gleichen äusseren Verhältnissen befinden, davon verschont bleiben. Es wird dieses Verhältniss besonders bei dem Militair bemerklich, bei dem nach langen, anstrengenden Märschen etc. die Disposition zur Erkrankung zunimmt. Auch Alte und Kinder zeigen eine hervorragende Cholerasterblichkeit.

Alle die genannten Kategorien der Bevölkerung zeigen nach v. Pettenkofer's Bemerkung übereinstimmend einen erhöhten Wassergehalt der Gewebe, der dieselben für krankhafte Zersetzungen zugänglicher macht.

Nach den Beobachtungen von Bischoff und Voit ist es besonders eine rein vegetabilische Nahrung, welche den Körper wässerig macht. Er kann dann rund und wohlgenährt erscheinen; seine Fülle besteht aber nur in einer Anhäufung von Wasser. Dieses »gedunsene« Aussehen, dieser »Kartoffelbauch« kann durch eine kräftige Nahrung, in welcher Eiweissstoffe vorwalten, in ein weniger volles aber gesundes umgewandelt werden. Bei Beginn des Fleischgenusses geht das angesammelte Wasser in Strömen aus dem Organismus im Harn weg, so dass die reichere Ernährung zu Anfang mit einem Gewichtsverlust verknüpft ist.

Auch der Hunger, der die Gewebsstoffe verzehrt, bereichert diese procentisch an Wasser, wie die Bestimmungen Voit's u. A. ergeben.

Wir sehen, dass die arme Bevölkerung unter diesen beiden Umständen, der vegetabilischen Nahrung und des Hungerleidens wegen, einen höheren Wassergehalt der Organe erkennen lassen muss.

Nach meinen Beobachtungen steigert die Muskelanstrengung den Wassergehalt des Muskels, der die Hauptmasse des Körpers ausmacht, beträchtlich, so dass also auch übermässige Arbeit und Anstrengung den gleichen Erfolg wie die beiden oben besprochenen Einflüsse besitzen; sie werden am verderblichsten, wenn sie sich alle zu einem Gesammtresultate vereinigen.

Es war längst bekannt, dass der kindliche Organismus in seinen Geweben wasserreicher ist als der erwachsene. Ich habe erwiesen, dass der scheinbar »vertrocknete« Körper der Alten sich darin dem jugendlichen Organismus analog verhält. So ist also v. Pettenkofer's Behauptung für die angegebenen Fälle vollkommen bewahrheitet.

Die bisher mitgetheilten Ernährungsgesetze geben die Mittel an die Hand, diesen Wasserreichthum zu verringern. Die Kost der englischen Preisfechter und Bantings wäre auch hier theoretisch die richtigste, soweit äussere oder individuelle Verhältnisse ihre Anwendung erlauben.

Untersuchungsmethode.

Auf die Umsatzverhältnisse im thierischen und menschlichen Organismus kann man zurückschliessen vor allem aus den beobachteten Quantitäten der den Körper durch die Ausscheidungsvorgänge verlassenden Stoffe. Schon Liebig hatte den Satz ausgesprochen, dass aller dem Umsatze stickstoffhaltiger Körperbestandtheile entstammender Stickstoff im Harne wiedererscheine, dass wir in dem Stickstoffgehalt (Harnstoffgehalt) des Harnes demnach ein Maass für diese Umsetzungen haben. Durch die Arbeiten von Bischoff und Voit, auf welche sich das in dem vorstehenden Capitel Angegebene vor allem stützt, ist dieser

Satz für den Fleischfresser (Hund) bestätigt worden, von letzterem Autor noch für andere Thiere, Katzen, Taube; von Henneberg für Ochsen; von mir für den Menschen.

Wir haben also in der Bestimmung des Stickstoffs im Harn, zu welcher Liebig die bekannte leicht auszuführende Bestimmung des Harnstoffes schuf, ein Mittel, den Eiweissverbrauch im Körper zu controliren. Es muss der Harn dazu natürlich für die Beobachtungszeit vollkommen gesammelt und untersucht werden.

Der grösste Theil des Kohlenstoffs, der in dem zersetzten Eiweisse enthalten war, geht als Kohlensäure in der Respiration weg. Ein geringer Theil verlässt den Körper im Harne. Aus der Menge des Kohlenstoffs der Respiration, der in Respirationsapparaten aufgefangen werden kann (am vollkommensten mit dem Athemapparate von M. v. Pettenkofer), kann man ersehen im Vergleich mit der während derselben Zeit ausgeschiedenen Stickstoffmenge, ob die erstere allein von Eiweissstoffen oder noch von anderen stickstoffhaltigen Körperstoffen (Fett) stammen könne.

Die Untersuchungsperiode ist gewöhnlich 24 Stunden = ein Tag.

Bei den Versuchen kommt selbstverständlich Alles auf Genauigkeit der quantitativen und chemischen Bestimmungen der Nahrungsstoffe und Excrete an.

Aus dem im Text Mitgetheilten geht das Uebrige zur Genüge hervor.

Auf Ansatz von Eiweissstoffen, als Repräsentanten aller stickstoffhaltigen Körperstoffe, schliesst man, wenn im Harn und Koth weniger Stickstoff erscheint, als in der Nahrung gereicht wurde;

auf Abgabe, wenn in den Secreten mehr auftritt als in den Nahrungsstoffen enthalten war oder wenn wie im Hunger der Organismus im Harne Stickstoff abscheidet, ohne dass er überhaupt Nahrung erhalten hätte.

Aehnlich ist es bei dem Fett, auf dessen Verbrauch im Hunger man schliesst, wenn mehr Kohlenstoff ausgeschieden wird, als der aus dem Stickstoffgehalt des Harnes gerechneten Eiweisszersetzung entspricht. Aehnlich ist es bei Nahrungsaufnahme, wo auch der Vergleich des Kohlenstoffgehaltes der Nahrung mit dem der Körperausscheidungen ergiebt, ob ein vollkommener Ersatz durch die Nahrung oder eine Mehrabgabe von Körperstoff oder ein Stoffansatz stattgefunden habe.

Ein Beispiel dieser Berechnung wird das Princip am leichtesten anschaulich machen.

Während eines Hungertags beobachtete ich am Menschen (Mann 69 Kgramm schwer) folgende Ausscheidungen:

Ausgaben:

	N	C
17,025 Harnstoff	7,9455	3,5654
0,236 Harnsäure	0,0786	0,0843
In der Respiration	0	180,8500
Zusammen	8,024	184,5

Daraus berechnen sich als vom Körper abgegebene Stoffe, für welche folgende Zusammensetzung angenommen ist:

Menschenfett (Chevreul):		Eiweiss:	
C	79,000	C	54,96
H	11,416	H	7,15
O	9,583	N	15,80
		O	21,73
		S	0,36

Einnahmen:

	N	C
50,688 Gramm Albumin	8,024	27,796
198,1 „ Fett	0	156,7
Zusammen	8,024	184,5

Der Pettenkofer'sche Respirationsapparat lässt auch noch das abgegebene Wasser direct bestimmen, so wie die anderen in minimaler Menge abgeschiedenen Gase: Wasserstoff, Kohlenwasserstoff, Ammoniak. Mit Zuziehung des Gewichtsunterschiedes des Gesammtkörpers vor und nach dem Versuch lässt sich also auch noch über eine stattgehabte Sauerstoffaufnahme entscheiden.

Das Nähere darüber gehört in die Lehre von der Athmung.

Sechstes Capitel.

Veränderungen der Nahrungsstoffe in der Mundhöhle.

Verdauung im Allgemeinen.

In den beiden vorausgehenden Capiteln haben wir die Stoffe und ihre allgemeinen Wirkungen im Organismus kennen gelernt, aus denen derselbe seine ihm im Kampfe um sein Dasein, mit der ihn umgehenden Körperwelt verloren gegangenen Organbestandtheile wieder ersetzt.

Es liegt uns nun ob, die Art und Weise und den Weg kennen zu lernen, auf dem die Nährstoffe die ihnen zum grössten Theile an sich fremde Fähigkeit erlangen, in die Säftemasse des Körpers einzutreten und von hier aus in die Organe zu gelangen, an denen sie ihre ernährende Wirkung auszuüben haben.

Die Organernährung erfolgt vor allem aus dem Blute.

Es müssen die in der Nahrung aufgenommenen Stoffe zuerst zu Bestandtheilen des Blutes werden, von dort aus werden sie an die verschiedenen sie bedürfenden Organe abgegeben. Sie treten dann aus dem in sich geschlossenen

Blutgefässröhrensysteme aus und beginnen eine Wanderung von Zelle zu Zelle, indem sie nach den Gesetzen der Diffusion die Zellwände durchdringen. Auf diesem Wege verrichten sie die ihnen zufallenden Functionen: ein Theil wird zur Neubildung verloren gegangener Organbestandtheile verwendet, wird also bis zu einem gewissen Grad in dem Organ gebunden zurückgehalten und damit dem lebhafteren Stoffkreislaufe entzogen; ein anderer Antheil wird von den in den Zellen wirkenden oxydirenden Momenten ergriffen und zersetzt und dient so zur Kräfteproduction des Organes; ein dritter grösster Antheil tritt in die Anfänge der Lymphgefässe ein und kehrt von da aus zum Blute zurück, um wieder aus ihm den Säftekreislauf von Neuem zu beginnen.

Die in der Nahrung aufgenommenen Stoffe können nur zum Theile sogleich und ohne weitere chemisch-physiologische Umwandlung zu Blutbestandtheilen werden. Vor allem vermag dieses das Wasser und ein Theil der in wässriger Lösung aufgenommenen anorganischen und organischen Salze, Alkohol, Zucker, organische Basen etc. Sie werden von den Blut- und Lymphgefässen an allen Stellen des Verdauungscanales direct aufgesogen.

Nicht alle Lösungen fallen in die eben besprochene Kategorie. Ein Theil derselben wird durch die chemischen Bestandtheile der Körpersäfte, denen sie nach ihrer Aufnahme begegnen, gebunden und verändert, ohne dass wir hier noch eine eigentlich physiologische Lebenswirkung vor uns hätten. Die alkalische Mundflüssigkeit z. B. verhält sich gegen die aufgenommenen Säuren und saueren Salze ebenso wie eine andere Flüssigkeit derselben Reaction ausserhalb des Organismus; alkalische Salze werden durch den saueren Magensaft neutralisirt.

Manche in Lösung aufgenommene Stoffe — wie das Caseïn der Milch — werden erst, ehe sie den lösenden Einwirkungen der Verdauungssäfte unterliegen, durch den Magensaft aus ihrer Lösung ausgefällt.

Auch die in fester Form aufgenommenen Nahrungsmittel verhalten sich den Verdauungsorganen gegenüber wesentlich verschieden.

Ein Theil derselben — die Salze und die meisten krystallinischen Stoffe — lösen sich direct in dem Wassergehalte der Verdauungssäfte, meist schon im Speichel, und so, das sie dann die gleichen Verhältnisse darbieten, als wären sie schon gelöst aufgenommen worden.

Ein anderer Theil: das Stärkemehl, Eiweiss, leimgebendes Gewebe und Fett, sind an sich in Wasser und sonach auch in den Verdauungssäften unlöslich; sie müssen erst eine sie verändernde Wirkung erfahren, damit sie es werden und in die Blutmasse aufgenommen werden können. Für die Fettaufnahme entstehen theilweise noch Veränderungen der aufsaugenden Organe — der Darmschleimhaut — als Wirkung der Verdauungssäfte, um die Aufnahme zu ermöglichen.

Der Gegenstand unserer speciellen Betrachtung sind vor allem diese letztgenannten Substanzen. Wir werden uns die Fragen zu beantworten haben, wo und wodurch werden dieselben in den löslichen Zustand übergeführt: verdaut?

Die Verdauung beginnt wesentlich schon in der Mundhöhle.

Hier werden die festen Speisen durch die Kauwerkzeuge verkleinert und zerrieben und so vorbereitet mit dem alkalischen Secrete der Drüsen der Mund-

höhle vermischt. Ein zusammengesetzter Muskelmechanismus dient dazu, die gekauten Speisen und die Getränke zu verschlucken und weiter zu bewegen, was nur zum Theil unter dem Einfluss unseres Willens steht. Durch willkürliche Bewegungen übergeben musculöse Organe den Bissen der Mundhöhle, vor allem die Zunge dem Schlunde, der sie dann durch unwillkürliche Muskelactionen zu den weiteren Verdauungsorganen befördert. Die weiteren mechanischen und chemischen Einwirkungen auf die Speisen sind ebenfalls vollkommen von unserem Willen unabhängig, wenn wir auch in seltnen Fällen eine centrale nervöse Einwirkung noch nachweisen können: es finden sich Verdauungsstörungen durch psychische Einflüsse. Die Stoffe wandern, so weit sie nicht aufgesaugt werden, aus dem Magen in den Darm und erst am Ende des Dickdarmes treten ihre ungelösten und unlöslichen Reste wieder in das Bereich des Willens ein, ihre Entleerung ist ein willkürlicher Vorgang.

Uebersicht über den Bau der Verdauungsorgane.

Im Allgemeinen findet sich eine unverkennbare Analogie in dem Bau der Organe, welche zur Verdauung, zur Bereitung der Verdauungsflüssigkeiten dienen. Die Hauptgrundlage besteht bei allen aus einer Schleimhaut, an der wir unter einem geschichteten Epithel je nach den Regionen aus verschieden gestalteten Zellen zusammengesetzt, die eigentliche Schleimhaut — Mucosa — aus Bindegewebe und elastischen Fasern wahrnehmen, reichlich mit Blut- und Lymphgefässen und Nerven durchzogen. In sie finden wir verschiedenartig gestaltete Drüschen eingelagert, welche alle als in die Tiefe gehende Ausbuchtungen des Epithels anzusehen sind, dessen Zellen je nach den verschiedenen Drüsenfunctionen mannichfache Veränderungen und Umgestaltungen erfahren. Die Drüsen sind vorzugsweise als Flächenvermehrungen des Epithels zu betrachten; demselben Bedürfniss entsprechen die auf die Schleimhaut aufgesetzten zotten- oder fadenförmigen Auswüchse: die Papillen oder Zotten, die sich von den verschiedensten Formen in reicher Anzahl finden. Grössere Drüsen senden ihre Secrete in die von der Schleimhaut ausgekleideten Höhlungen.

In der Mundhöhle liegt die Schleimhaut, dem Knochen und den Muskeln, die sich dort finden, straff auf. Im Schlunde, dem Anfang des Darmes, beginnt eine mehr regelmässige Muskellage, Muskelhaut, sich über die Schleimhaut zu breiten; zu Anfang aus quergestreiften, dem Willenseinfluss dienenden Fasern, noch in getrennte Muskel-Individuen zerfallend; auch am Ende des Darmes treten in dem Afterschliessmuskel wieder willkürliche Fasern auf. Ausserdem bestehen die Muskeln des Darmes aus glatten Elementen. Sie zeigen meist zwei, am Magen drei Lagen, von denen die eine in der Längen- die andere in der Querrichtung verläuft; am Magen kommen noch schiefe Fasern dazu.

Zwischen Schleimhaut und Muskelhaut findet sich noch eine Lage von lockerem Bindegewebe: Unterschleimhautgewebe — Submucosa —.

An dem Theile des Darmes, welcher in der Bauch- und Beckenhöhle liegt, findet sich noch eine zarte, nerven- und gefässarme, an der freien Oberfläche

mit einem Epithel überzogene Haut: die seröse Hülle, welche auch den grössten Theil der übrigen Bauch- und Beckenorgane überzieht.

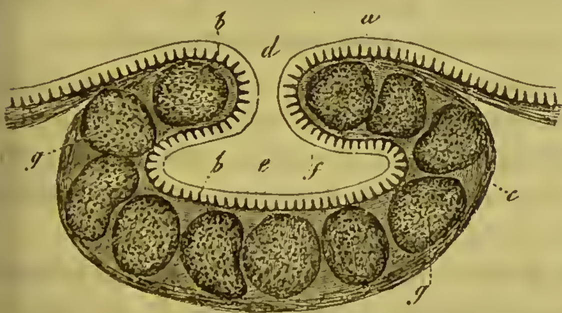
Anatomie der Mundhöhlenschleimhaut und ihrer Drüsen.

Die Mundhöhlenschleimhaut ist eine directe Fortsetzung der äusseren Haut, von welcher sie sich an der Uebergangsstelle, an den Lippen nur durch grössere Zartheit und rothe, von ihrem Gefässreichthum herrührende Farbe unterscheidet. Sie ist wie jene mit einer grossen Anzahl gedrängt neben einander stehender Papillen besetzt. Zwischen diesen finden sich zahlreiche Drüseneingänge, von denen nur einige auf grösseren papillenartigen Erhebungen zu Tage treten.

In den Papillen steigen Capillarzweige empor, um hier ein zierliches Geflecht zu bilden; ein reiches Netz von Lymphgefässen durchsetzt die ganze Schleimhaut. Mit ihnen stehen die zahlreichen Balgdrüsen in Verbindung, von denen Brücke dargethan hat, dass sie wie die solitären Follikel und Peyer-schen Drüsen als einfachste Lymphdrüsen zu betrachten sind.

An der Zungenwurzel bilden sie eine beinahe zusammenhängende Schichte, die so oberflächlich liegt, dass sich die einzelnen Drüsen schon mit blossem Auge als rundliche, hügelige Erhebungen erkennen lassen. Sie sind linsenförmig gestaltet, von $1/2$—2 Linie Durchmesser. Mit blossem Auge erkennt man eine Oeffnung, die in eine trichterförmige Höhle führt, in welche sich die Schleimhaut mit den Papillen und Epithel fortsetzt. Eine tiefergelegene Schleimdrüse sendet ihren Ausführungsgang in diese kleine Höhle, und erfüllt sie mit einer graulichen Schleimmasse (Fig. 40).

Fig. 40. (*K.*)



Balgdrüse von der Zungenwurzel des Menschen. *a.* Epithel, das dieselbe auskleidet, *b.* Papillen, *c.* äussere Fläche der Balgdrüse mit der Bindegewebshülle, *e.* Höhlung des Balges, *f.* Epithel desselben, *g.* Follikel in der dicken Wand des Balges. — Vergrösserung 30.

Jede Balgdrüse ist von einer dickwandigen Kapsel umgeben, in welcher eingebettet in zartes, gefässreiches Bindegewebe die Drüsenbälge oder Follikel liegen, $1/10$—$1/4'''$ gross. Im Baue stimmen sie mit den oben genannten geschlossenen Darmdrüsen ganz überein, ebenso mit den Bläschen der Milz. Für alle die genannten Gebilde gilt dieselbe Beschreibung. Sie zeigen eine faserige, ziemlich feste Hülle und einen Inhalt, der theils aus einer alkalischen Flüssigkeit, theils aus geformten Theilen: rundlichen Zellen, Lymphkörperchen besteht. Dieser Inhalt liegt in dem Follikel in einem feinen Balkennetze von Bindegewebskörperchen, welches mit der Hülle zusammenhängt und das ganze Innere durchzieht.

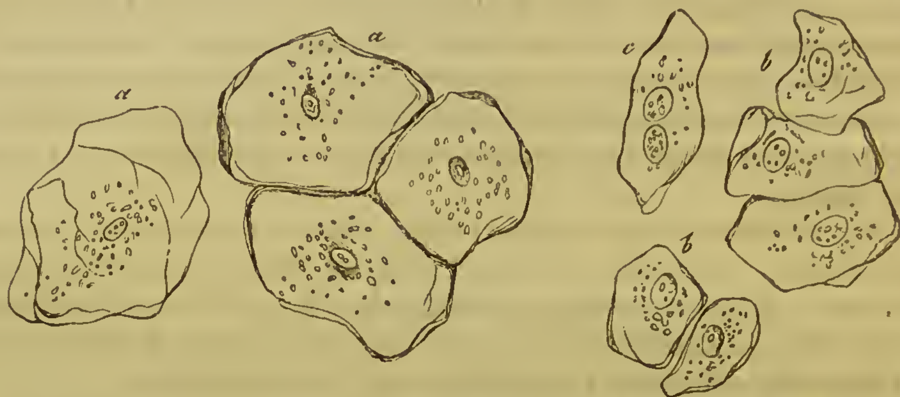
Die Gefässe der Balgdrüsen sind sehr zahlreich und senden Aestchen in das Innere der Follikel ab, nachdem sie ein schönes Netz um dieselben gesponnen. E. H. Weber hat zuerst Lymphgefässe von den Drüsen herkommen sehen.

Die Mandeln oder Tonsillen sind Haufen von 10—20 Balgdrüsen, fest mit einander verbunden und mit einer gemeinsamen Hülle umgeben. —

Im rothen Theile der Lippen findet sich das von Kölliker entdeckte, reiche Lager von Talgdrüsen.

Das Epithel der Mundhöhle besteht aus über einander geschichteten Pflasterzellen, rundlichen, vieleckigen, nach oben abgeplatteten Gebilden (Fig. 41).

Fig. 41. (K.)



Epithelialzellen der Mundhöhle des Menschen. a. grosse, b. mittlere, c. dieselben mit zwei Kernen, 350mal vergr.

Die oberste Lage besteht aus rundlicheckigen, grossen, kernhaltigen Blättchen, welche den Namen Bläschen nicht mehr verdienen. In allen diesen Zellen ist der Kern leicht nachzuweisen. Beständig werden die obersten Epithelschichten abgestossen und wieder erneuert, sodass jeder Tropfen Mundflüssigkeit eine Anzahl dieser Zellen enthält. Auf der beständigen Erneuerung beruht auch die nur jugendlichen Zellmembranen eigene Fähigkeit, für Flüssigkeiten nach beiden Richtungen durchgängig zu sein, welche wir an dem Mundschleimhaut-epithel wahrnehmen. Die obersten verhornten Epithelschichten der äusseren Körperhaut, die Epidermis, ist für Flüssigkeiten ganz undurchdringlich.

Die Schleimhaut der Zunge besitzt eine grosse Anzahl von Hervorragungen der Geschmackswärzchen, welche bei Betrachtung der Zunge als Organ des Geschmackssinnes ihre nähere Besprechung finden werden. Die Ränder der Zunge und der untere Theil derselben weichen auch in Beziehung auf das Epithel nicht von der übrigen Mundhöhle ab.

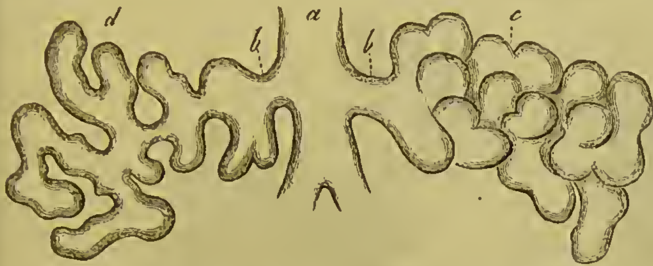
Direct unter der Schleimhaut des Mundes liegt eine grosse Menge kleiner traubenförmiger Drüschen jedes mit einem kurzen, geraden Gang in die Mundhöhle sich öffnend. Sie liefern alle ein schleimiges Secret und tragen danach den Namen Schleimdrüsen der Mundhöhle.

Sie finden sich überall zerstreut, an manchen Stellen zu grösseren Haufen vereinigt. So liegt um die Mundspalte jener reiche Drüsenring: die Lippendrüsen, Gl. labiales. An der Innenfläche der Backen liegen die Gl. buccales, einige grössere Drüschen um die Ausmündungsstelle des Stenon'schen Ganges. Die Drüschen des weichen und harten Gaumens tragen den Namen Gl. palatinae. An der Wurzel, dem Rande und der Spitze der Zunge liegen in reichlicher Menge die Glandulae linguales, die Zungendrüsen.

Der mikroskopisch-anatomische Bau dieser Schleimdrüsen kann als Schema für alle derartigen Gebilde gelten. Der grössere Stamm des Aus-

führungsganges, welcher auf der Schleimhautoberfläche mündet, spaltet sich in feinere und feinste Zweige, welche letztere an ihrem blinden Ende bläschenartig zu den sogenannten Drüsenbläschen oder Acini anschwellen. Diese Acini sitzen ziemlich unregelmässig den feinsten Ausführungsgängen auf, zeigen aber doch im Allgemeinen eine rundliche, oder rundlich-birnförmige Gestalt (Fig. 42).

Fig. 42. (*K.*)



Schema zweier Gänge eines Schleimdrüsenläppchens. *a.* Ausführungsgang des Läppchens, *b.* Nebenast, *c.* die Drüsenbläschen an einem solchen in situ, *d.* dieselben auseinandergelegt und der Gang entfaltet.

Die feinsten Gänge und die Bläschen besitzen eine gleichartige, structurlose Hülle, eine Membrana propria, besetzt mit einer einfachen Schicht von eckigen Epithelzellen, welche in ihrem zähflüssigen Inhalt, ausser vielen fettähnlichen, theilweise gelblich gefärbten Körnchen, durch Essigsäure gerinnenden Schleimstoff erkennen lassen.

Die einzelnen Drüsenläppchen sind durch zartes Bindegewebe, welches reichliche Blutgefässe trägt, zusammengehalten.

An den Ausführungsgängen finden sich in dem Bindegewebe elastische Fasern. Das Epithel der Ausführungsgänge ist von dem der Mundhöhle und der Drüsenbläschen verschieden, es besteht aus Cylinderzellen.

Der gröbere und mikroskopische Bau der grossen, in die Mundhöhle ihr Secret ergiessenden Speicheldrüsen, der Glandulae salivales, Parotis, Submaxillaris, Sublingualis und der Rivini'schen Drüsen stimmt mit dem eben beschriebenen der Schleimdrüsen vollkommen überein, sie stellen grosse Schleimdrüsen dar. Der Stamm des Ausführungsganges ist ihrer Grösse entsprechend weit und lang und sehr vielfältig verästelt. Er zeigt ebenfalls ein Cylinderepithel und wenigstens am Ductus Whartonianus lassen sich auch glatte Muskelfasern unter dem Epithel und einer Doppellage von elastischen Häuten auffinden.

Die Blutgefässe der Speicheldrüsen umspinnen die Drüsenbläschen reichlich.

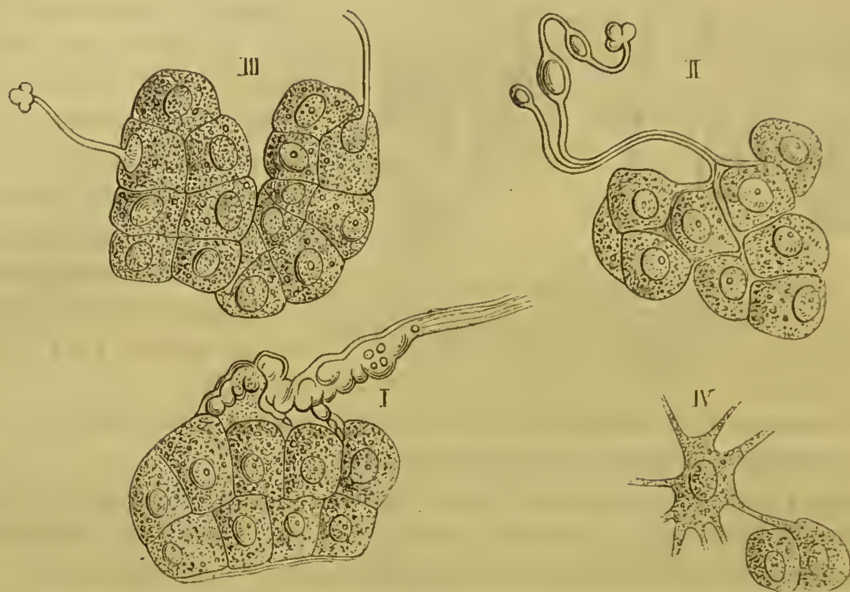
Das Verhalten der Nervenendigungen in den Speicheldrüsen hat in der neuesten Zeit vor allem durch Pflüger eine schöne Aufklärung erhalten, welche neue Gesichtspuncte für die Beurtheilung der Nervenwirkung auf die Absonderung ergiebt.

Pflüger fand einen directen Zusammenhang der feinsten Nervenendigungen mit den eigentlichen Drüsenzellen, den Epithelzellen der Alveolen.

Der Zusammenhang zeigt sich nach seinen Untersuchungen verschieden, was mit der Verschiedenheit der Nervenbahnen, durch welche die Speicheldrüsen innervirt werden — Facialis und Sympathicus — zusammenhängen mag. Schon Donders sah in den Drüsen des Pferdes eine deutliche Verzweigung von Nervenfasern, die Krause bis zu den Alveolen verfolgte. Die

Fasern treten nach Pflüger durch die Membrana propria hindurch, mit der ihre Hülle zusammenschmilzt, verästeln sich, noch markhaltig, zwischen den Drüsenzellen, in deren Inneres sie eindringen, um dort mit einer knotenförmigen Anschwellung, dem Zellenkerne zu endigen. Es erinnert diese Endigungsweise an Das, was ebenfalls in neuester Zeit über die Endigungen von Nervenfasern in dem Kerne der Ganglienzellen und glatten Muskelfasern bekannt geworden ist (Fig. 43).

Fig. 43.



Endigungsweise der Speicheldrüsennerven (Pflueger). *I.* und *II.* Verzweigung der Nerven zwischen den Speichelzellen, *III.* Endigungen im Zellkern, *IV.* Verbindung einer Ganglienzelle mit einer Speichelzelle.

Es ist mit dieser Entdeckung Pflüger's die Frage, wo die die Gewebszellen beeinflussenden Nerven endigen, für alle selbständigen Zellenarten dahin entschieden, dass die feinsten Nervenfasern — Axencylinder — in das Innere der Zellsubstanz eindringen, indem sie die Zellhülle durchbohren, und in eine Endausbreitung innerhalb der Zelle, welche sich von dem übrigen Inhalte wesentlich individualisirt, übergehen. Ueberall sind es plattenförmige Gebilde, sodass diese Nervenendigungen alle eine Analogie mit den elektrischen Organen der Fische vermuthen lassen. Dieses Eindringen und Endigen innerhalb der Zellmembran hat sich wie schon gesagt ausser für Drüsen- und Nervenzellen auch für die quergestreifte und glatte Muskelfaser und die zelligen Endorgane der Sinnesnerven ergeben. Nach den Mittheilungen von Pflüger würden auch in die Cylinderepithelzellen der Drüsenausführungsgänge, der »Speichelröhren« von ihrer Spitze her so zahlreiche feinste Nervenfasern eintreten, dass der untere Theil der Zelle ganz aus diesen Fasern zusammengesetzt scheint.

Diese freie Endigungsweise der Nerven in den Speicheldrüsen ist nicht die einzige, es findet sich noch ausserdem ein Verhalten, dem wir auch bei den Endigungen der Sinnesnerven ausnahmelos wieder begegnen werden. Ein Theil der in die Speicheldrüse eintretenden Nervenfasern senken sich zuerst in kleine vielzackige Nervenzellen (Krause, Pflüger) ein, welche wohl nicht zwischen den eigentlichen Drüsenzellen, sondern ausserhalb der Membrana pro-

pria liegen. Kurze Ausläufer dieser Zellen treten in das Innere der Drüsenzellen ein. Vielleicht ist auch für die übrigen Speichelnerven ein derartiges ganglienzellenartiges Zwischengebilde vorhanden. Das was PFLÜGER als solches beschreibt, stellt eine Anhäufung von Nervenzellenprotoplasma von geringer Individualisirung dar, er nennt es »Protoplasmafuss«. Dieser liegt wie es scheint innerhalb der Alveolen.

Es ist wahrscheinlich (PFLÜGER), dass die Ganglienendigung den sympathischen, die freie den cerebrospinalen Nervenbahnen in den Drüsen entspricht.

Absonderung der Speicheldrüsen.

Die Drüsenzellen sind die eigentlichen Endorgane der Drüsennerven. Die Absonderung der Zellen ist gerade so gut ein Effect einer directen Nervenreizung wie die Contraction der Muskelfaser.

Auf den ersten Blick scheint eine derartige Aehnlichkeit oder gar Gleichheit der durch die Nervenreizung gesetzten Vorgänge in den Drüsenzellen und den Muskelzellen ganz unverständlich. Es ist aber mehr als wahrscheinlich, dass trotzdem der primäre Erfolg der Nervenreizung überall ganz der gleiche ist: Ueberall ist er ein elektrolytischer. Es werden unter der elektrolytischen Einwirkung der Nerven primär aus den Zelleninhaltsstoffen sauer und alkalisch reagirende Zersetzungsproducte gebildet. Erst die Wirkung dieser Zersetzungsproducte, Reize auf die Zelle und in der Zelle ist die Drüsenabsonderung oder die Muskelaction. Die Zersetzungsproducte des Muskelzelleninhaltes, die sich unter der Einwirkung der Nervenreizung bilden, sind vor allem Säuren: Milchsäure, Phosphorsäure; sie wirken theils für sich, theils in Verbindung mit Kali als Reize auf die contractile Substanz ein, gerade so wie wir auch durch künstliches Zusammenbringen dieser Stoffe mit dem Muskel Contraction hervorrufen können.

Aehnliche Zersetzungsproducte werden sicher unter der Einwirkung der Nervenreizung auch in den Drüsenzellen gebildet, natürlich andere nach der anderen Zusammensetzung der Zellen. In den Magendrüsen sehen wir eine Säure — Salzsäure — entstehen wie im Muskel. Es ist nicht undenkbar, dass in anderen Zellen ein alkalischer Stoff schliesslich der Chemie der Zelle gemäss das Uebergewicht über die anderen Zelleninhaltsstoffe erhält.

Unter der Einwirkung besonders von Säuren aber auch von Alkalien werden die Diffusionsverhältnisse der Zellmembranen auf das Wesentlichste geändert; sie lassen nun Stoffe durch — herein- und heraustreten —, denen sie bei ungeschwächter Lebensenergie den Durchtritt entweder ganz verwehren oder doch nur sehr spärlich gestatten. Nun kann also eine reichliche Drüsenabsonderung aus den Drüsenzellen beginnen, das Blutgefässsystem kann reichlicher Stoffe zur vorläufigen Verarbeitung in die Zelle abgeben, da ihr Ansaugvermögen ebenso gesteigert ist wie ihr Vermögen der Stoffabgabe. Dass hiebei die Anwesenheit von Stoffen mit hohem endosmotischem Aequivalent in den Drüsenzellen von grosser Bedeutung ist (PFLÜGER), ist verständlich.

Für die Drüsensubstanz ist meine eben vorgetragene Hypothese noch nicht geprüft, doch würde sie eine Prüfung wohl zulassen. Dass aber auch hier

während des Reizzustandes Zersetzungen und Oxydationen wirklich statthaben und zwar in gesteigertem Maasse, beweist die Beobachtung Ludwig's, dass die absondernde Drüse sich um 1,5° C. erwärmte im Vergleich gegen die ruhende. Die supponirte Wirkung der Zersetzungsstoffe auf die Muskel-Zellhülle — das Sarkolemma — ist als eine Nebenwirkung der Muskelreizung von mir mit aller Sicherheit nachgewiesen. Auch aus dem Muskelschlauche treten nach der Nervenreizung in Folge der gleichen hier nachweisbaren Veränderungen, wie wir sie in den Drüsenzellenmembranen annehmen, eine grosse Menge von Stoffen aus, dagegen füllt sich derselbe mit Flüssigkeiten aus dem umspülenden Blut und der Lymphe oder aus der umgebenden Parenchymflüssigkeit, sodass der Muskelschlauch dann eine grosse Aehnlichkeit mit einer Drüsenzelle nicht verkennen lässt. Bei dem Absterben bildet sich in den Speichel- und Thränendrüsen wie im Muskel eine sauere Reaction aus (J. Ranke).

Wenn wir in der oben vorgetragenen Weise meine am Muskel gewonnenen Resultate auf die Drüse übertragen, so hält es nicht schwer die eigenthümlichen bisher ganz unverständlichen Resultate Ludwig's zu verstehen, welche die Steigerung der Drüsenabsonderung von der Nervenwirkung auf das Blutgefässsystem unabhängig zeigten. Auch wenn der Blutzufluss ganz fehlt, an dem abgeschnittenen Kopfe ergiebt die Reizung der Drüsennerven noch Steigerung der Absonderung der Speicheldrüsen. Den Gedanken, dass wir es bei der Speichelabsonderung vielleicht nur mit einer gesteigerten Filtration aus den Gefässen in die Drüse zu thun haben, widerlegt auf das schlagendste der auch von Ludwig geführte Beweis, dass der Druck in dem Lumen des Ausführungsganges der gereizten Drüse höher steigen kann als der Blutdruck in den blutzuführenden Gefässen, sodass demnach ein Filtrationsdruck von Seite der Drüsenzelle in das Blutgefässsystem, nicht aber umgekehrt existirt.

Giannuzzi hat unter Ludwig's Leitung von mir am Muskel gewonnene Resultate über die »ermüdende« Wirkung von Säuren und Alkalien auch auf die Speicheldrüsen übertragen. Es stellte sich wenigstens für die beobachteten Fälle eine vollkommene Uebereinstimmung zwischen dem Drüsen- und Muskelgewebe in dieser Beziehung heraus.

Giannuzzi war im Stande die Drüse durch Einspritzen von Säure (Salzsäure) und kohlensaurem Natron zu ermüden, sodass keine Secretion mehr stattfand, obwohl die Drüsennerven gereizt wurden. Der Ermüdung der Drüse ging bei seinen Versuchen ebenso ein Reizzustand, wie dieses am Muskel der Fall ist, voraus, sodass, wenn die Einspritzung nicht genügte, um die Secretion bei nachfolgendem Nervenreiz nicht eintreten zu lassen, nun auch ohne weitere Reizung die Drüsenabsonderung begann.

Es zeigen diese Versuche, wie vollkommen analog wir den Chemismus in Muskel und Drüse uns denken dürfen in Beziehung auf die oben besprochenen Verhältnisse. Es geht diese Analogie noch weiter aus der von Giannuzzi beobachteten Thatsache hervor, dass die Drüse ebenso ermüdet wie der Muskel, wenn ihr, auch bei sonst reichlicher Anwesenheit von flüssigem Material zur Speichelbildung, der arterielle Blutzufluss abgeschnitten wird (Stenson's Versuch am Muskel).

Reizung der Speicheldrüsennerven.

Die Verhältnisse des Blutlaufes in der ruhenden und der secernirenden, arbeitenden Drüse sind vor allem durch Cl. Bernard untersucht worden.

Die reichlichen Blutgefässe stehen unter einem doppelten Nerveneinfluss. Wie bei allen Blutgefässen wird die Weite ihres Lumens von dem Reizzustande des Sympathicusabschnittes, der seine Fasern zu ihnen sendet, bestimmt. Seine Reizung bewirkt Verengerung des Gefässlumens, seine Lähmung Erweiterung desselben.

Ebenso ist es bei den Gefässen der Speicheldrüsen. Auf elektrischen Reiz des Sympathicus verengern sich die Gefässe und es fliesst in Folge davon das Blut spärlicher durch sie hindurch.

Die Reizung einer zweiten Nervengattung, die in die Drüse eintritt, wirkt in entgegengesetzter Weise; sie erweitert die Gefässe, das Blut strömt sehr rasch und reichlich, noch hellroth in die Venen ab, welche sogar den Puls noch in sich wahrnehmen lassen, sodass das Blut rhythmisch beschleunigt wie aus einer Arterie aus ihren durchschnittenen Enden heraus fliesst.

Diese zweite Nervengattung verläuft im Facialis und Trigeminus.

Durch den Nervus petrosus superficialis minor, das Ganglion oticum und den Auriculotemporalis kommen die Nervenfasern zur Parotis.

Der Sublingualis und Submaxillaris führt die Chorda tympani zuerst an den Lingualis sich anlegend, von da wieder abtretend und in das Ganglion submaxillare sich einsenkend die gefässerweiternden Fasern zu.

Ludwig hat gezeigt, dass die Reizung dieser Nerven z. B. auf elektrischem Wege ausser der Gefässerweiterung auch eine Speichelabsonderung der Drüse hervorruft. Dasselbe geschieht auf Reizung des Sympathicus. Schon aus diesem gleichen Erfolg der Nervenreizung auf die Drüsenthätigkeit geht hervor, dass es im Grunde nicht die Veränderung des Gefässlumens und des Blutzuflusses ist, welches die Drüsenabsonderung hervorruft. Der gleiche Effect kann nicht von zwei entgegengesetzt wirkenden Ursachen hervorgerufen werden: gleichmässig von Verengerung und Erweiterung des Gefässlumens.

Giannuzzi hat zu diesem und den schon angeführten Beweisen von der relativen Unabhängigkeit der Speichelabsonderung von der Bluteirculation in der Drüse noch den weiteren hinzugefügt, dass die künstlich »ermüdete« Drüse auf Nervenreiz nicht mehr secernirt, obwohl die Steigerung der Blutzufuhr durch die Reizung noch erfolgt. Die Drüse wird dann ödematös, es häuft sich in ihr seröse Flüssigkeit an.

Trotzdem stehen aber doch die Gefässlumensveränderungen und die Drüsenabsonderung in einer nicht zu verkennenden Wechselbeziehung. Der auf Reizung des Sympathicus abgesonderte Speichel »der Sympathicus-Speichel« ist zäh und dickflüssig und spärlich; der Trigeminus-Speichel ist reichlich und ärmer an festen Bestandtheilen, was gut mit dem Circulations-Verhältnisse der Drüse während der Reize zusammenpasst. Reichlichere Blutzufuhr liefert ein reichlicheres Material zur Absonderung, es muss aber zu dem Materiale stets auch noch die Veränderung in der Zelle durch Nervenreiz

als bedingendes Moment hinzukommen, ohne das keine Absonderung erfolgen kann.

Im normalen, lebenden Organismus erfolgt die Speichelabsonderung ebenfalls stets nur unter Nerveneinfluss. Die Erregung geschieht im Leben meist reflectorisch durch Geschmacksreize, welche die Mundhöhlenschleimhaut treffen, dasselbe bewirken an der gleichen Stelle alle Nervenreize: Kitzeln mit einer Federfahne, chemische Reize durch sauere oder alkalische Stoffe, Alkohol, Aether, Pfeffer. Die Speichelabsonderung bleibt aber aus, wenn der Lingualis vor der Reizung durchschnitten wurde. Auch bei Kaubewegungen findet eine Speichelabsonderung statt, welche nicht sowohl durch Druck der Kaumuskeln auf die Parotis als durch eine bei willkürlicher Erregung der Kaunerven gleichzeitig mit stattfindende Erregung der Drüsennerven zu erfolgen scheint.

Die durch Säuren reflectorisch erregte Speichelabsonderung liefert dünnflüssigen Speichel; Alkalien und scharfe Gewürze einen zähen, dickflüssigen.

Im Ganglion submaxillare haben wir nach der Entdeckung Bernard's ein Reflexorgan für die Drüsenreizung. Es enthält Ganglienzellen, deren Erregungszustand eine Absonderung der Submaxillar-Drüse hervorruft. Es ist dieses der einzige Fall, in welchem mit Sicherheit Reflexorgane ausserhalb der nervösen Centralorgane, Rückenmark und Gehirn, nachgewiesen wurden. Die Fasern welche das Ganglion submaxillare reflectorisch zu erregen vermögen, verlaufen wie oben gesagt zum Lingualis, gehen aber von da wieder zum Ganglion.

Der Drüsennerve der Parotis ist ein Ast des Nervus petrosus superficialis minor, der ebenfalls sich von der Chorda tympani abzweigt und zur Parotis geht. Ein Einfluss des Sympathicus scheint hier noch nicht nachgewiesen.

Bestandtheile des Speichels und seine Menge.

Nach Kölliker ist der Speichel normaler Weise frei von geformten Bestandtheilen. Er bekommt nur abgestossene Epithelzellen aus den Drüsen und der Mundhöhle beigemischt.

In dem gemischten Mundsafte, dem gemischten Secrete aller in die Mundhöhle mündenden Drüsen finden sich in grosser Anzahl rundliche, kleine Zellengebilde: Speichelkörperchen, Schleimkörperchen, die den weissen Blutkörperchen vollkommen gleichen. Sie finden sich in besonders reichlicher Menge im Speichel, den man an der Zungenwurzel abgesogen hat. Diese Zellen sind kugelig, gekörnt, kernhaltig. Die im Inhalte der Zelle befindlichen Körnchen zeigen eine deutliche Molecularbewegung.

Wir nennen im gewöhnlichen Leben Speichel den gesammten Mundsaft, der allen grossen und kleinen in die Mundhöhle ihr Secret ergiessenden Drüsen entstammt. Seine chemische Zusammensetzung wird selbstverständlich schwanken je nach den Quantitäten der beigemischten Speichelarten, die von verschiedenen Drüsen und Reizzuständen Unterschiede erkennen lassen.

Letzteres ist besonders bei der Submaxillardrüse und ihrem Secrete untersucht.

Der Speichel welcher auf Reizung der Chorda abgesondert wird: der »Trigeminus-«- oder »Chorda-Speichel« enthält keinerlei zellige Be-

standtheile, er reagirt stark alkalisch, und besteht meist zu 98,8—98,6 % aus Wasser. Der feste Rückstand, die festen, nicht flüchtigen im Speichel gelösten Stoffe betragen also nur zwischen 1,2—1,4 %. Hie und da steigt der Gehalt an festen Stoffen auch höher, besonders, wenn die Drüsenabsonderung in der Zeit eine unbedeutende ist. Es kommt dann sogar vor, dass diese Stoffe bis zu 4 ja bis zu 8,5 % (Bidder und Schmidt) steigen. Eine vollständige Analyse dieser Forscher kann am besten die Zusammensetzung veranschaulichen:

Wasser	991,45
Rückstand	8,55
organische Materie .	2,89
Chlorcalcium . . . . } Chlornatrium . . . . }	4,50
kohlensaurer Kalk . } phosphorsaurer Kalk } ,, Magnesia }	1,16

Unter den organischen Bestandtheilen dieses Speichels zeigt sich ein geringer Gehalt an Eiweiss und Mucin oder Schleimstoff. Unter den anorganischen Stoffen ist der Gehalt an kohlensauerem Kalke auffallend, der sich bei dem Stehen des Speichels abscheidet uud auch hie und da während des Lebens Gelegenheit zur Bildung fester Ablagerungen, Speichelsteine, in den Speichelgängen giebt.

Die Blutzusammensetzung hat keinen Einfluss auf die Zusammensetzung des Speichels, die Concentration des Speichels ist allein von der Dauer der Absonderung abhängig, mit der sie langsam sinkt.

Doch gehen gewisse Substanzen, die abnormer Weise in das Blut gelangten, aus diesem in den Speichel über: so Iod und Brom, dasselbe wird von dem Quecksilber behauptet.

Der Sympathicus-Speichel ist wie der Chorda-Speichel bisher nur vom Hunde untersucht worden. Er zeigt seiner Dickflüssigkeit entsprechend ein höheres specifisches Gewicht, auch seine festen Bestandtheile betragen mehr als die des Chordaspeichels. Er enthält eine ziemliche Menge von Gallertklümpchen, die einen Mucin- und Eiweissgehalt erkennen lassen und höchstwahrscheinlich die veränderten, abgestossenen Drüsenepithelien selbst sind. Der Mucingehalt kann hier leicht durch Essigsäure, mit welcher das Mucin herausfällt, nachgewiesen werden; er ist so bedeutend, dass er etwa $^1/_3$ des ganzen Speichelvolumens beträgt. Die Reaction des Sympathicus-Speichels beim Hunde ist alkalisch, die anorganischen Salze sind qualitativ von denen des Chordaspeichels nicht verschieden.

Eckhard hat vom Menschen durch Einlegen einer Canüle in den Ausführungsgang Submaxillarspeichel erhalten. Derselbe enthält Spuren eines bekannten, giftigen Stoffes: Rhodankalium, den man durch Zusatz von Eisenchlorid, wodurch sich der Speichel schön roth färbt, durch Bildung von Eisenrhodanid, nachweisen kann.

Die Absonderung des Speichels steht zwar, wie uns Ludwig gelehrt hat, unter beständiger Einwirkung des Nervensystemes. Es tritt aber auch eine paralytische Speichelabsonderung ein, wenn alle Drüsennerven gelähmt, durchschnitten sind. Sie beginnt einige Zeit nach der Durchschneidung

und liefert grosse Mengen eines wenig concentrirten Speichels. Auch wenn man die Verbindungsfasern des Ganglion submaxillare mit dem Lingualis durchschneidet, tritt sogleich eine gleiche fortdauernde Speichelabsonderung ein. Auch eine Lähmung der Drüsennerven durch Curare, Pfeilgift, die durch dieses Gift ebenso erfolgt wie bei den motorischen Nerven erzeugt eine paralytische Absonderung.

Bei der Submaxillardrüse ist die Frage, welche Veränderungen das Blut, während es durch die secernirende Drüse fliesst, erleidet, wenigstens in Angriff genommen. Dass es bei Chordareizung hellroth, arteriell in die erweiterten Venen einströmt, haben wir schon erwähnt. Es entspricht dieser veränderten Farbe und vermehrten Geschwindigkeit der Blutbewegung durch die Drüse ein höherer Gehalt des venösen Blutes an Sauerstoff, ein geringerer an Kohlensäure gegenüber derselben Blutart der ruhenden Drüse. Die Sympathicusreizung, welche den Blutstrom verlangsamt und spärlicher macht, lässt das Venenblut ärmer an Sauerstoff und reicher an Kohlensäure werden. Es ist klar, dass wir es hier nur mit Veränderungen hervorgehend aus den Unterschieden der Geschwindigkeit der Blutbewegung zu thun haben. Wir sind also so vorerst noch nicht im Stande, aus diesen Erfahrungen irgend einen Schluss auf die Blutveränderung zum Zweck der Drüsenabsonderung zu machen.

Sicher treten aber wässerige Lösungen von Blutstoffen in die Drüsenräume zwischen den Zellen ein. Letztere saugen das rohe Material auf und verarbeiten es zu dem specifischen Drüsensecrete.

Der reine S u b l i n g u a l s p e i c h e l soll sich in seinen Eigenschaften dem Submaxillarspeichel sehr ähnlich verhalten, alkalisch reagiren, Mucin und Rhodankalium enthalten.

Der S p e i c h e l d e r P a r o t i s ist beim Menschen leicht gesondert zu gewinnen, indem man eine Canüle in ihren Gang einführt (Eckhardt, Ordenstein).

Er wird normal durch reflectorische Uebertragung des Reizzustandes der sensiblen Mundschleimhautnerven auf den Drüsennerven in der Drüse erzeugt. Am meisten wirken Säuren, sehr wenig scharfe Gewürze, Honig gar nicht auf diese Drüsenabsonderung. Der Einfluss psychischer Momente auf die Absonderung ist bei keiner Drüse so deutlich wie bei dieser. Nicht nur Vorhalten, sondern schon die Vorstellung besonders saurer Speisen lässt ihn im starkem Strahle aus dem Ausführungsgang hervorspritzen.

Im P a r o t i d e n s p e i c h e l fehlt das Mucin; er enthält Spuren von E i w e i s s und R h o d a n k a l i u m. Er ist sehr reich an k o h l e n s a u r e m K a l k e, der sich beim Stehen in den schönen, doppeltbrechenden Krystallen des Kalkspaths abscheidet.

Nach Unterbindung aller Ausführungsgänge der grösseren Speicheldrüsen und Ableitung ihres Secretes nach aussen, kann man das spärliche Secret der Schleimdrüsen der Mundhöhle gesondert gewinnen.

Dieser r e i n e M u n d s c h l e i m enthält eine grosse Menge geformter Bestandtheile: Die Epithelzellen und Schleim- oder Speichelkörperchen, die aus keiner der grösseren Drüsen herstammen.

Nach Bidder und Schmidt enthält er 10 % feste Bestandtheile neben

Wasser, von denen mehr als 6 % anorganischer Natur sind, davon treffen 5,3 % auf Chloralkalien — Kali und Natron —, der Rest besteht aus phosphorsaurem Natron, Kalk und Magnesia. Es fehlt also der für den Speichel charakteristische kohlensaure Kalk.

Aus allen diesen Secreten in wechselnder Menge ist der gemischte Mundspeichel zusammengemengt. Seine Gesammtmenge soll nach Umrechnung bei Thieren beobachteter Verhältnisse auf den Menschen zwischen 300—1500 Gramm in 24 Stunden schwanken.

Jedenfalls, mögen diese Berechnungen noch so ungenau sein, wird durch die Speicheldrüsen dem Blute fort und fort eine sehr bedeutende Flüssigkeitsmenge entzogen, die aber durch das Verschlucken des Speichels wieder in den Blutkreislauf zurück gelangt. Wir haben hierin ein Beispiel des »intermediären Säftekreislaufs« vor uns, der aus dem Blute in die Organe und aus diesen wieder in das Blut zurück erfolgt; an dessen Erzeugung sich vor allem die drüsigen Organe betheiligen.

Physiologische Wirkungen des Speichels.

Der grosse Wasserreichthum und die jedenfalls sehr bedeutende Menge des Speichels lösen die in den Mund aufgenommenen, in Wasser löslichen Stoffe. Seine alkalische Reaction macht es auch möglich, dass an sich in reinem Wasser unlösliche Substanzen wie manche eiweissartige Nahrungsbestandtheile, sich in ihm mit Leichtigkeit verflüssigen.

Der Schleim, welchen der Speichel enthält, macht den Bissen schlüpfrig und damit zum Verschlucken geschickt, und ist zugleich der Grund, dass der Speichel sehr stark schäumt und viel Luft in sich einschliesst, die, mit in den Magen hinabgeschluckt, sich an den Verdauungsprocessen daselbst betheiligt.

Die wesentlichste Aufgabe des Speichels für die Verdauung ist aber unstreitig die, dass er einen jener einleitend genannten an sich in Wasser unlöslichen Stoffe der Nahrung: das Stärkemehl verdaut d. h. in den löslichen Zustand überführt.

Der frische **Speichel** hat die Fähigkeit **Stärkemehl** und **Dextrin** in **Zucker** zu verwandeln.

Auf rohe Stärke zeigt er nur eine geringe Einwirkung, dagegen verwandelt er mit grosser Raschheit gekochte Stärke, Stärkekleister in Zucker, ebenso alle Stärke, welche, wie dieses bei der Zubereitung unserer aus Stärkemehl bestehenden oder wenigstens davon enthaltenden Speisen stets der Fall ist, einer höheren Temperatur ausgesetzt war.

Diese wichtige Fähigkeit wird dem Speichel durch einen eigenthümlichen nicht eiweissartigen Fermentkörper, den Cohnheim isolirte, ertheilt, durch das Ptyalin oder den Speichelstoff, welcher Körper für sich in höchstem Maasse die Umwandlungsfähigkeit von Stärke in Zucker zeigt.

Es ist sehr wichtig, dass diese Einwirkung des Speichels oder vielmehr des Ptyalins auf Zucker auch dann noch stattfindet, wenn die Flüssigkeit schwach sauer ist. So kann sich die Wirkung des Speichels auch im Magen noch fortsetzen.

Die Wirkung des Ptyalins wird als eine Fermentwirkung betrachtet d. h. es kann dieser Stoff seine verdauenden Eigenschaften entfalten, ohne selbst dabei zersetzt zu werden, sodass eine verschwindend kleine Ptyalinmenge immer neue Quantitäten Zucker zu bilden vermag.

Der Speichel verdankt seine Zucker bildende Eigenschaft allein dem Ptyalin, kein anderer in ihm enthaltener Stoff zeigt sie.

Die Ptyalinwirkung verschwindet wie alle Fermentwirkung durch Kochen.

Das Ptyalin und damit die Zuckerbildung kommt allen Speichelarten des Menschen zu.

Bei den Fleischfressern — dem Hunde —, deren Nahrung im normalen Zustande keine Stärke enthält, fehlt das Zuckerbildungsvermögen dem Parotidensecret gänzlich; die anderen reinen und das gemischte Secret haben es nur in geringerem Grade.

Ein verdauender Einfluss des Speichels auf andere Bestandtheile der Nahrung als die genannten lässt sich nicht nachweisen.

Siebentes Capitel.

Der Verdauungsvorgang im Magen.

Schlund und Speiseröhre.

Die Verdauung hat schon an einem der wichtigsten Nahrungsbestandtheile begonnen, wenn der Bissen aus der Mundhöhle dem Schlunde und durch die Speiseröhre dem Magen übergeben wird.

Schlund und Speiseröhre lassen keine verdauende Einwirkung auf die Nahrung erkennen.

Die Contractionen der quergestreiften meist noch von Knochen entspringenden Muskeln des Schlundes dienen dem Schluckacte.

In anatomischer Beziehung unterscheidet sich die Schleimhaut des unteren Theiles des Schlundkopfes nicht von der der Mundhöhle; sie besitzt Plattenepithel und, wenn auch sparsam und wenig entwickelt, Papillen. Der obere Abschnitt des Schlundes — der respiratorische — besitzt Flimmerepithel wie die Respirationsorgane und hat mit der Beförderung des Bissens Nichts zu schaffen.

Der Schlund besitzt in seiner Schleimhaut traubenförmige kleine Schleimdrüsen und Balgdrüsen, die in ihrem Baue denen in den Mandeln ganz entsprechen.

An der Speiseröhre tritt der volle Darmcharakter mehr und mehr hervor. Nur in ihrem oberen Abschnitt zeigt sich die Muskelhaut noch quergestreift und in einzelne Muskeln individualisirt. Je mehr sie sich dem Magen nähert,

um so mehr mischen sich glatte Fasern ein, aus denen am Ende wohl die ganze Muskelhaut der Speiseröhre besteht.

Die Schleimhaut der Speiseröhre zeigt wie die des Schlundes noch Papillen und ein ziemlich festes Pflasterepithelium. Von Drüsen finden sich gleichfalls die schon oft genannten traubenförmigen Schleimdrüschen.

Der Magen, die Magenschleimhaut.

Man hat früher den Magen als das Centralorgan der Verdauung betrachtet. Wahr ist an der Ansicht, dass die Speisen in ihm eine längere Zeit verweilen und dass dort das Nahrungs-Eiweiss der eigentliche Typus der Nahrungsstoffe in den Zustand übergeführt wird, in welchem es zu einem Bestandtheile der Säfte des Organismus werden kann.

Wenn die Speisen den Magen verlassen, so sind sie zu einem Brei, Chymus verwandelt, welcher sich zwar chemisch noch nicht sehr bedeutend von der Zusammensetzung der genossenen Nahrungsmittel verschieden zeigt, in physikalischer Beziehung aber veränderte Verhältnisse erkennen lässt.

Die verdauende Fähigkeit des Magens beruht wie die der Mundhöhle auf einer specifischen Flüssigkeit, welche auf die Oberfläche seiner Schleimhaut von den dicht neben einander stehenden kleinen Drüsen, die sich dort finden, den Labdrüsen ergossen wird.

Die Schleimhaut des Magens besteht fast allein aus diesen Labdrüsen oder Magensaftdrüsen. Sie ist weich und locker; bei leerem Magen blauröthlich, während der Verdauung lebhaft roth gefärbt, da dann alle Blutgefässe von Blut strotzen, dessen vermehrter Zufluss das Absonderungsmaterial für die Labdrüsen liefert. Kleine Längsfältchen, welche die Schleimhaut des nüchternen, leeren Magens erkennen lässt, verstreichen wenn der Magen sich füllt. Im Pylorustheil und um die Labdrüsenmündungen finden sich kleine netzförmig verbundene Fältchen und freie Zöttchen. In der Nähe des Pylorus ist die Schleimhaut am dicksten — $^3/_4$—1''' — am dünnsten ist sie in der Nähe des Magenmundes, wo sie oft nur eine Dicke von $^1/_4$''' zeigt.

Die Oberfläche des Magens ist mit einem Cylinderepithel bedeckt, das sich in den Anfang der Drüsenmündungen fortsetzt.

Es finden sich im Magen zweierlei Arten von Drüsen: die genannten Magensaft- oder Labdrüsen und die Magenschleimdrüsen. Für den chemischen Act der Verdauung sind nur die ersteren von Wichtigkeit. Das Magenschleimdrüsensecret hüllt festere Nahrungstheile ein und bildet einen schlüpfrigen Ueberzug über dieselben, der ihre Bewegung in den Verdauungsräumen erleichtert. Sie finden sich überhaupt nur am Pylorustheile des Magens, der während der Verdauung blass bleibt, zum Zeichen, dass er sich an diesem Acte direct nicht betheiligt. Die Form dieser Drüsen unterscheidet sich von den bisher besprochenen Schleimdrüsen ziemlich bedeutend. Man kann sie nicht traubenförmig sondern nur zusammengesetzt schlauchförmig nennen. In das Innere dieser Schläuche setzt sich das Cylinderepithel der inneren Magenoberfläche direct fort und kleidet diese vollkommen bis in die cylindrisch geformten Endschläuche aus. Die Drüsenzellen enthalten meist Fetttröpfchen im Inhalte. Es sind also die Magenschleimdrüsen als directe Ein-

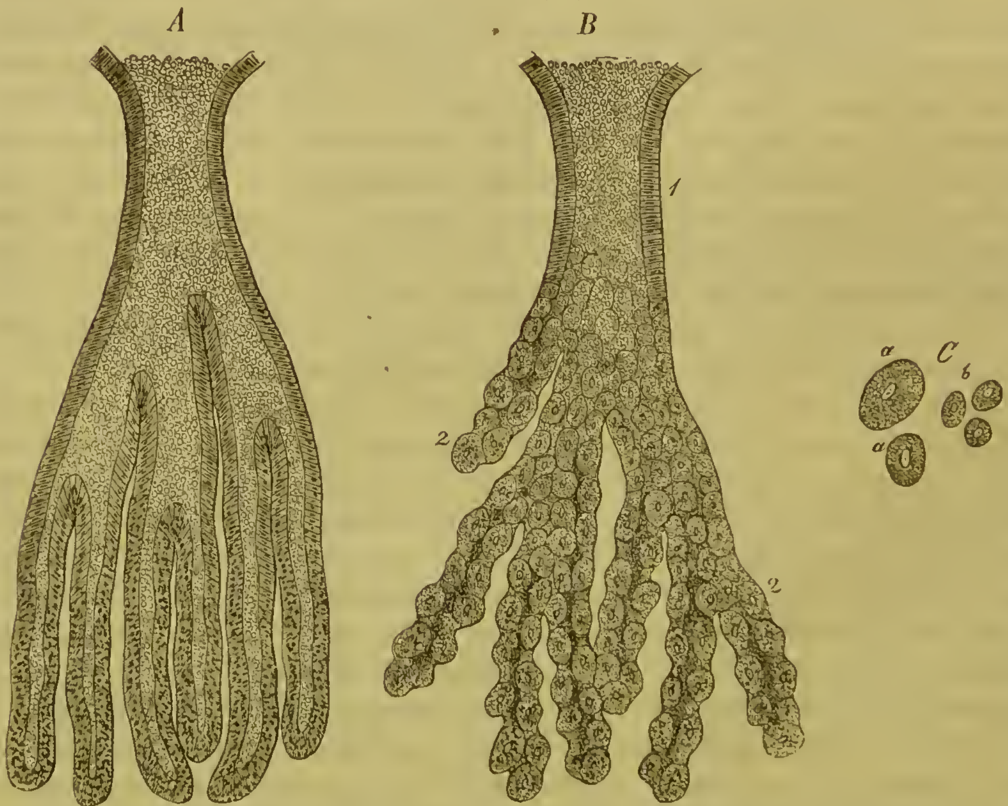
stülpungen der Magenschleimhautoberfläche zu betrachten, da sich der Charakter der Epithelzellen und ihre Function nicht verändert zeigt (Fig. 44. A).

Donders sah am Pylorus ächte traubenförmige Drüsen, welche auch sonst im Magen zerstreut vorkommen (Frey).

Das Secret der Magenschleimdrüsen überzieht im nüchternen Zustande die innere Magenoberfläche ganz, besonders dick am Pylorustheile. Es betheiligen sich an der Schleimproduction auch die Cylinderepithelien der Magenoberfläche. Wahrscheinlich beweist die in diesen Zellen beobachtete Fettansammlung — Fettmetamorphose —, dass die Zellen bei der Erzeugung des Secretes zu Grunde gehen. Ob sie nur vorübergehend platzen, um ihr Secret austreten zu lassen, ob sie ganz zerstört werden, ist noch nicht mit Bestimmtheit erkannt worden. Die letztere Annahme macht, da die Epithellage nur eine einfache ist, Schwierigkeiten, wenn man nicht mit Kölliker die Möglichkeit einer Quertheilung der Cylinderzellen annehmen will, worauf vielleicht ein hie und da vorkommender zweiter Kern in einer Zelle hindeutet.

Die Magensaftdrüsen sind ebenfalls wie die Magenschleimdrüsen schlauchförmig gebaut, doch zeigen sie sich nur manchmal in solcher Weise verästelt, wie wir es dort als Regel erkannten (Fig. 44.). Meist sind sie einfache, cylindrische Schläuche; einer dicht neben dem andern stehend durchsetzen sie die ganze Schleimhautdicke bis zur Muskellage, sind also je nach der Dickenausdehnung der Schleimhaut von verschiedener Länge.

Fig. 44. (*K.*)



Zusammengesetzte Drüsen aus dem menschlichen Magen, 100 mal vergr. *A*. Magenschleimdrüse vom Pylorustheil. *B*. Magensaftdrüse von der Cardia. 1. Gemeinschaftliche Ausmündungshöhle (stomach cell Todd-Bowman). 2. Die einfachen Schläuche bei *A* mit Cylindern, bei *B* mit Labzellen. *C*. Einzelne Labzellen, 350 mal vergr. *a*. Grössere, *b*. kleinere.

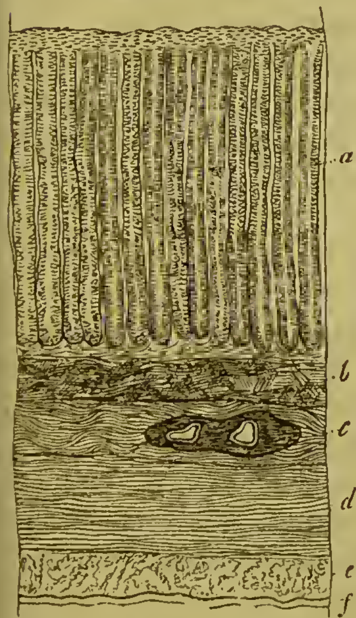
Wenn der Schleim von der Magenoberfläche entfernt wird, so zeigen sich an ihr kleine, runde, mit der Loupe erkennbare Grübchen, die mit Cylinderepithel tapezirt sind. In jedes solche Magengrübchen mündet eine Anzahl von Labdrüsen. Gegen ihr Ende zu zeigen letztere ziemlich häufig rundliche Ausbuchtungen, selten theilt sich das Ende in zwei kurze Endschläuche, gewöhnlich ist es etwas wellenförmig gebogen.

Jede Magendrüse wird von der Umgebung durch eine zarte structurlose Hülle, Membrana propria abgetrennt; in dem Schlauche derselben finden sich grosse, rundliche oder vieleckige, kernhaltige Zellen, mit körnigem Inhalte: die Labzellen, deren Thätigkeit den Magensaft erzeugt. Sie kleiden meist in Art eines Epitheles die Innenfläche der Labdrüsen aus, manchmal stehen sie nicht so regelmässig und stopfen die Schläuche ganz aus, sodass die genannten Ausbuchtungen derselben durch die von Innen her angedrückten Zellen erzeugt scheinen. In den Anfangstheil der Labdrüsen setzt sich eine Strecke weit das Magencylinderepithel fort, erst tiefer beginnen die eigentlich, charakteristischen, runden Labzellen.

In einem schmalen Streifen um die Cardia finden sich die Labdrüsen regelmässig schlauchförmig verästelt. Es münden dann mehrere, einfach schlauchförmige Drüsen in einen weiteren, mit Cylinderepithel überzogenen Endgang.

Die Drüsen stehen so dicht neben einander, dass für Bindegewebe wenig Raum mehr übrig bleibt (Fig. 45.). Am entwickeltsten findet es sich an dem Grunde der Drüsen untermischt mit zahlreichen glatten Muskelfasern, die dort eine Art selbständige Lage — Muskellage der Schleimhaut (Kölliker) — bilden und sich kreuzend zwischen die Drüsen hereinziehen, deren Entleerung sie unzweifelhaft besorgen.

Fig. 45. (*K.*)



Senkrechter Schnitt durch die Häute des Schweinemagens, vom Pylorus. Vergr. 30. *a.* Drüsen, *b.* Muskellage der Mucosa, *c.* submucöses Gewebe (Tunica nervea) mit durchschnittenen Gefässen, *d.* Quermuskellage, *e.* Längsmuskelschicht, *f.* Serosa.

Ausserdem steigen zwischen den Drüsen zahlreiche Gefässe auf, die sich quer verbindend, ein zierliches Netz um die Schläuche herumspinnen. Die Arterien werden schon zu sehr zarten Stämmchen, ehe sie die Schleimhaut erreichen, zwischen den Drüsen spalten sie sich zu Capillaren. Alle Drüsenmündungen sind mit Blutgefässringen umgeben, die sich untereinander verbindend von oben gesehen als ein regelmässiges Maschennetz erscheinen. Die aus diesem Netze entspringenden Venen sind stets ziemlich weit, und durchlaufen ohne viel Verzweigung die Schleimhaut.

Unter den Magensaftdrüsen findet sich ein Netz von feinen Lymphgefässen, ein anderes liegt in der Submucosa, das man bei Thieren und Menschen welche in der Verdauung starben mit Lymphe gefüllt sehen kann. Aus ihm sammeln sich die grösseren Stämmchen, welche schliesslich die Muskelschichte in der Gegend der Curvaturen durchsetzen. Von Lymphdrüsen

finden sich nur geschlossene Follikel, sogenannte linsenförmige Drüsen in unbestimmter, geringer Anzahl.

Zu den wichtigsten anatomischen Bestandtheilen des Magens sind die Nerven zu rechnen. Es ist jedoch noch nicht gelungen, ihr Verhalten in der Magenschleimhaut zu den Absonderungszellen zu erkennen. Sie stammen von Vagus und Sympathicus und führen in ihrem Verlaufe zahlreiche, kleine Ganglien (Remak, Meissner, Billroth); sie sind bisher noch nicht über die Muskelhaut zwischen die Drüsen herein verfolgt. Vielleicht bestehen sie dort (Kölliker) nur aus blassen (embryonalen) Fasern, die das Erkennen ihres Verlaufes natürlich erschweren müssten.

Nerveneinfluss auf die Magensecretion.

Ebensowenig ist über die Wirkungen der secretorischen Nerven ermittelt. Man kennt noch nicht die Bahnen, auf denen der Erregungszustand den Magendrüsen zugeleitet wird.

Der Erregungszustand des Magens geht aber, wie sich trotz dieser Unkenntniss mit aller Sicherheit behaupten lässt, stets von nervösen Einflüssen aus. Wie alle Drüsen, so secerniren auch die Magendrüsen nur auf nachweisbare Reizung. Es scheint, dass die sensiblen, chemischen Reizungen der Magenschleimhaut hervorgebracht durch verschluckte Stoffe, vor allem durch Gewürze, oder durch mechanisches Berühren der blossliegenden Magenschleimhaut mit einer Federfahne oder einem Glasstabe, wie dieses bei Magenfisteln leicht ausführbar ist, auf secretorische Fasern durch Reflexe in Ganglienzellen, vielleicht in der Magenschleimhaut selbst gelegen, übertragen werden. Verschluckter Speichel reicht schon hin, die Magensecretion in hohem Maasse anzuregen, und gewiss liegt in dieser die Magenthätigkeit anregenden Eigenschaft eine zweite Hauptaufgabe der Speichelsecretion, welche an Wichtigkeit der Stärkeverdauung wenig nachgiebt.

Das Secret des Magens.

Im nüchternen Magen findet sich eine schleimige, sehr schwach sauer, neutral oder selbst alkalisch reagirende Flüssigkeit. Dieser Magenschleim enthält ausser dem structurlosen Schleime eine grosse Anzahl halbzerfallener Cylinderzellen von dem Epithele des Magens und der Schleimdrüsen.

Wenn die Magenschleimhaut irgendwie sensibel gereizt wird, tritt sogleich eine stark sauere Reaction der Magenflüssigkeit auf. Bei mechanischer Reizung einer vorher trockenen Schleimhautstelle durch eine Fistel z. B. sieht man zuerst in kleinen Tröpfchen, die sich dann zu grösseren Tropfen vereinigen, den Magensaft aus den Drüsenöffnungen hervortreten.

Reiner Magensaft kann nur aus Magenfisteln gewonnen werden. Einige Male schon sind solche bei Menschen von sonst vollkommener Gesundheit beobachtet werden, sodass man eine normale Functionirung der Magenschleimhaut voraussetzen konnte. Bei Thieren gelingt es leicht ohne weitere Störungen der Körperfunctionen Magenfisteln künstlich anzulegen und durch eingeheilte, mit einem Kork verschliessbare Röhren offen zu erhalten.

Durch mechanische Reizung der Schleimhaut während des Hungers kann man aus solchen Fisteln reinen Magensaft gewinnen, der nur mit etwas Magenschleim vielleicht auch mit mehr oder weniger Speichel vermischt ist. Um letzteren abzuhalten muss die Speiseröhre während der Magensaftgewinnung verschlossen werden, was selbstverständlich nur bei Thieren ausführbar ist.

Der so gewonnene Magensaft zeigt bei allen Thieren und bei dem Menschen eine auffallende Uebereinstimmung. Stets ist er wenig concentrirt, sodass sein specifisches Gewicht von dem des Wassers sich kaum unterscheidet. Er hat einen charakteristischen »saueren«, faden Geruch und Geschmack. Die Säure des Magensaftes röthet blaues Lackmuspapier nachhaltig, sodass sie also keine flüchtige sein kann. Die sauere Beschaffenheit rührt von freier Salzsäure her wie PROUT und C. SCHMIDT über alle Discussion erhaben nachgewiesen haben. Doch ist die Menge der freien Säure gering, immerhin lässt sich aber zeigen, dass sie manche nur in Säuren lösliche Körper z. B. kohlensauren Kalk auflöst und aus ihm Kohlensäure entwickelt.

Die Menge der im Magensafte enthaltenen freien Salzsäure ist sehr verschieden. Die Untersuchungen des menschlichen Magensaftes (SCHMIDT) ergaben in mit Speichel und Wasser verdünntem Safte nur 0,02 %; beim Hunde findet sich mehr: 0,3 %, beim Schafe: 0,12 %.

Im reinen Safte scheint die sauere Reaction nur auf der Anwesenheit der Salzsäure zu beruhen. Während der Verdauung bilden sich aber durch Zersetzung der Speisen im Magen auch noch andere Säuren organischer Zusammensetzung: Milchsäure, Buttersäure, Essigsäure, die sich dann ebenfalls an der Hervorbringung der saueren Eigenschaft des Saftes betheiligen mögen.

Ausser der genannten Säure enthält der Magensaft noch eine wichtige Substanz: das Pepsin, das Magenferment, auf dessen Vorhandensein die Wirkungsfähigkeit des Magens beruht. Seine Einwirkung erstreckt sich einzig auf die Eiweissstoffe, die im Magen in Modificationen überführt werden, in denen sie der Aufsaugung durch Magen- und Darmschleimhaut unterliegen können.

Man ist im Stande dieses wirksame Princip des Magensaftes aus der Magenschleimhaut frisch geschlachteter Thiere chemisch darzustellen, sodass es noch seine Eiweiss verdauenden Wirkungen besitzt und diese auch ausserhalb des lebenden Körpers bei der Temperatur desselben entfaltet. Jede mit Salzsäure schwach angesäuerte Flüssigkeit, die auch nur eine geringe Menge des Pepsins enthält, zeigt diese Fähigkeit: man prüft auf die Anwesenheit des Pepsins dadurch, dass man eine Flocke reinen Blutfibrins in die Probeflüssigkeit bringt; bei einer Temperatur von 20—35°C. wird sich dieselbe, wenn der gesuchte Stoff vorhanden ist, nach einiger Zeit nach vorläufigem Aufquellen zu einer opalescirenden Flüssigkeit gelöst haben.

Physiologische Wirkung des Pepsins.

Man kann sich aus einem schwach angesäuerten Wasserextracte der Magenschleimhaut einen »künstlichen Magensaft« herstellen, und mit demselben bei der oben angegebenen Temperatur die Wirkungen der Magenverdauung im Brutraume ausserhalb des Organismus vollkommen nachahmen.

Die Wirkung des Magensaftes auf die Eiweisskörper besteht darin, dass er aus den Eiweisskörpern die sogenannten Peptone bildet, welche sich in physikalischer Beziehung bedeutend, dagegen gar nicht durch ihre elementare Zusammensetzung von den Eiweissstoffen unterscheiden, aus denen sie entstanden sind. Nach Thiry's Analysen ist die Zusammensetzung des Eiweisses und des Pepton's:

	Eiweiss:	Pepton:
C	51,37	51,37
H	7,13	7,25
N	16,00	16,18
S	2,12	2,12
O	23,38	23,11

Auch die Säuren (Salzsäure) allein haben schon eine lösende Einwirkung auf die Eiweissstoffe, die sich aber von der im Magen erfolgenden wesentlich unterscheidet.

Die Einwirkung des Pepsins erfordert die Anwesenheit der freien Säure; weder Pepsin allein noch Salzsäure allein sind im Stande, die Veränderungen hervorzubringen, auf denen die Verdauung beruht.

Der Säure gegenüber verhalten sich die verschiedenen Eiweissstoffe etwas verschieden, besonders in Beziehung auf die Zeit, welche sie zur Lösung erfordern. Blutfibrin quillt in 0,3 % Salzsäure zuerst auf, um sich dann sehr langsam zu lösen, während die Eiweissstoffe des Muskels von derselben Säure sehr leicht aufgelöst werden. Die Eiweissstoffe sind dann zu Syntonin geworden, welches zwar in verdünnten Säuren, nicht aber in Wasser löslich ist. Neutralisirt man die Säure mit einem Alkali, so fällt der gelöste Eiweissstoff gallertig heraus.

Unter der Einwirkung des Magensaftes entsteht zuerst aus allen Eiweissstoffen eine dem Syntonin in dieser Eigenschaft vollkommen analoge Lösung. Auch die in Wasser gelöst aufgenommenen Eiweissstoffe, wie rohes Hühnereiweiss werden zuerst in diesen syntoninähnlichen Stoff übergeführt. Bei dem Caseïn der Milch tritt anfänglich im Magen durch eine weder dem reinen Pepsin noch der Salzsäure allein zukommende Wirkung eine Gerinnung ein, die bei der Käsebereitung verwerthet wird, bei der mit einem Stückchen getrocknetem Magen: Labmagen das Caseïn gefällt zu werden pflegt. Im Magen unterliegt erst das geronnene Caseïn der verdauenden Wirkung.

Bei der Säurewirkung bleibt die Verdauung der Eiweisskörper im Magen nicht stehen.

Die eigentlichen Eiweissstoffe, auch die beschriebene Lösung in Säuren besitzen alle die Fähigkeit, durch Membranen zu diffundiren, nur in äusserst geringem Grade, vielleicht an sich gar nicht. Um sie vermittelst der auf Diffusion beruhenden Aufsaugung aus dem Magen in den Säftekreislauf des Organismus zu bringen, muss den Eiweissstoffen erst diese ihnen an sich fremde Eigenschaft ertheilt werden.

Das schliessliche Product der Magenverdauung: die Peptone diffundiren leicht durch Membranen hindurch und sind äusserst leicht in Wasser löslich.

Sie entstehen, nachdem der Magensaft längere Zeit eingewirkt hat. Mit der Veränderung ihrer physikalischen Eigenschaften haben die Eiweisskörper

als Peptone auch eine Reihe ihrer sonst charakteristischen, chemischen Erkennungszeichen verloren. Sie sind weder mehr durch Hitze noch durch nicht ganz concentrirte Säuren fällbar. In neutralen Lösungen werden sie bei starker Concentration durch absoluten Alkohol flockig gefällt; auch Iod, Chlor, Gerbsäure, Quecksilber und Bleisalze schlagen sie aus ihren Lösungen nieder. Für unsere späteren Betrachtungen ist es von Wichtigkeit, dass auch die Gallenbestandtheile: taurocholsaure und glycocholsaure Alkalien, mit denen die im Magen veränderten Eiweissstoffe, soweit sie an Ort und Stelle ihrer Umwandlung nicht schon resorbirt wurden, im Dünndarme in Berührung kommen, in saurer Lösung die Peptone fällen.

Trotz dieser Veränderung, die sie erlitten haben, sind die Peptone noch vollkommene Eiweisskörper, was sich auch daraus ergiebt, dass sie die für die Proteïnstoffe charakteristische Xanthoproteïnreaction: Gelbrothfärbung durch Salpetersäure und Ammoniak und die rothe Färbung mit der Millon'schen Mischung von salpetersaurem Quecksilberoxyde mit salpetriger Säure noch geben.

In dem Magensafte wird auch das leimgebende Gewebe gelöst unter Bildung von Leim. Die Lösung behält die Fähigkeit zu gelatiniren, sie ist somit mit keiner Bildung von Pepton verknüpft.

Es scheint, dass bei dieser letztgenannten Lösung nur die Säure des Magensaftes wirksam wird, von der wir ja wissen, dass sie allein für sich die thierischen Gewebe: Knochen, Knorpel, Sehnen etc. zu Knochen- oder Knorpelleim auflöst. Unter Mitwirkung des Pepsins scheint jedoch die Auflösung rascher zu verlaufen als ohne dasselbe, sodass wir demselben alle Einwirkung bei dem Vorgange nicht absprechen dürfen. Der Leim verliert in jeder Säure endlich seine Fähigkeit zu gelatiniren; auch diese Umwandlung seiner Eigenschaften scheint im Magensafte unter Mitwirkung des Pepsins rascher zu verlaufen.

Um sich die Wirkungsweise des Pepsins auf die Albuminate verständlicher zu machen, hat man es mit den Fermenten verglichen, deren eigenthümliche Wirkung darin besteht, dass eine bestimmte Menge derselben eine chemische Umwandlung in einer unbegrenzt grossen Menge gährungsfähigen Stoffes hervorzubringen vermag.

Man hat früher die Menge von Eiweiss zu bestimmen versucht, welche durch eine bestimmte Menge von Pepsin gelöst werden könnte. Die Resultate waren sehr wenig übereinstimmend. Es zeigt sich nun bei den künstlichen Verdauungsversuchen, dass nachdem eine gewisse Menge von Eiweissstoffen von der Verdauungsflüssigkeit gelöst wurde, die Lösungsfähigkeit verschwindet, neu zugesetzte Mengen werden nicht mehr verändert. Die Fähigkeit der Verdauung kehrt dem Gemische aber sogleich zurück, wenn man einen weiteren Zusatz von Wasser resp. verdünnter Salzsäure macht. Wenn auch in dieser verdünnten Mischung die Peptonbildung aufhört, so kann sie immer wieder durch Verdünnung der Lösung hervorgerufen werden. Das Pepsin wird also bei der Verdauung nicht zerstört.

Man sieht, dass nur die gesteigerte Concentration der Lösung an Peptonen die Verdauung hindert, ähnlich wie wir auch bei Gährungen durch das entstandene Gährungsproduct (Alkohol, Milchsäure) den Vorgang unterbrechen sehen.

Selbstverständlich wird durch die Verdünnung die Wirksamkeit des Pep-

sins verlangsamt; würden wir, wie dieses im lebenden Magen der Fall ist, durch Diffusion die gebildeten, leicht durch Membranen hindurch tretenden Peptone sogleich von den noch zu verdauenden Eiweisskörpern trennen, so könnte die Pepsinwirkung unbegrenzte Quantitäten derselben stets mit gleichbleibender Geschwindigkeit auflösen.

Dieselben Stoffe und Einwirkungen, welche die übrigen Fermentwirkungen hemmen oder zerstören, haben den gleichen Erfolg auch für das Pepsin, sodass es also auch in dieser Beziehung als Fermentkörper sich ausweist.

Concentrirte Säuren, Metallsalze, starker Alkohol, Kochen heben die Wirkungsfähigkeit des Pepsins auf, ebenso Alkalien.

Sind die zugesetzten Säuren jedoch nicht zu sehr concentrirt, so lässt sich die Pepsinwirkung durch theilweise Neutralisation wieder herstellen, ebenso bei Alkalien.

Das Pepsin wird in den Laabzellen gebildet. Es entsteht dort ohne die zu seiner Thätigkeit nothwendige Säure, welche erst an der Oberfläche des Magens auftritt. Im Grunde reagirt der Inhalt der Laabdrüsen alkalisch; das Pepsin kann also dort nicht zur Wirksamkeit kommen.

Entstehung der Säure des Magensaftes.

Ueber den Ursprung der beiden wirksamen Stoffe: Pepsin und Salzsäure im Magen weiss man nichts Sicheres.

Mulder hat nachgewiesen, dass im Seewasser unter der Einwirkung organischer Stoffe aus den Verbindungen der Erdalkalien mit Chlor besonders aus Chlorcalcium und Chlormagnesium freie Salzsäure entstehen kann. In dieser Hinsicht wird der Aschengehalt des Magensaftes wichtig. Wir finden in ihm in reichlicher Menge Chlorverbindungen der Alkalien und alkalischen Erden.

Da vom Hunde ganz reiner Magensaft von C. Schmidt untersucht wurde, während der von Menschen gewonnene Saft nie speichelfrei sein kann, so mag folgende Analyse als ein Bild der Stoffmischung des Magensecretes gelten:

Speichelfreier Magensaft des Hundes
(Mittel aus 10 Analysen)

	in 1000 Theilen:
Wasser	973,062
fester Rückstand	26,938
Pepsin und Pepton	17,127
freie Salzsäure	3,050
Chlorkalium	1,125
Chlornatrium	2,507
Chlorcalcium	0,624
Chlorammonium	0,468
Phosphorsaurer Kalk	1,729
Phosphorsaure Magnesia	0,226
Phosphorsaures Eisen	0,082

Die chemischen Analysen des Magensaftes des Menschen geben abgesehen von der Verdünnung und Speichelverunreinigung ein ganz analoges Resultat. Nach SCHMIDT findet sich hier kein Chlorammonium.

Die Beobachtung MULDER's macht es möglich, eine chemische Hypothese der Entstehung der Säure aufzustellen, ohne dass wir auf das dunkle Gebiet elektrolytischer Vorgänge recurriren müssten, an die man seit alter Zeit hier vielfältig gedacht hat, ohne dass man im Stande gewesen wäre, einen Beweis für ihr Wirksamwerden beizubringen.

Ueber Selbstverdauung des Magens.

Man hat oftmals die Frage aufgeworfen, warum sich der Magen während des Lebens nicht selbst verdaue.

Die Frage muss nach den neueren Erfahrungen ganz anders gestellt werden.

So wie das Leben und mit ihm die Blutcirculation erloschen ist, sehen wir, wenn eine Absonderung von Magensaft noch vor dem Tode statthatte, den Magen in lebhafter Selbstverdauung begriffen. Es wird dann die ganze Dicke der Schleimhaut, ja alle Magenhäute sauer, der Magen wird brüchig und giebt ein Sectionsbild, das besonders bei Kindern, bei denen der Magen öfter noch als bei Erwachsenen in den letzten Lebensmomenten verdaut zu Aufstellung der Krankheit der acuten Magenerweichung geführt hat.

Aber auch während des Lebens findet, soweit die Bedingungen dazu gegeben sind, eine fortwährende Selbstverdauung statt.

Da nur die Magenoberfläche sauer reagirt, so kann im Drüsengrunde keine Selbstverdauung eintreten, das dort vorhandene Pepsin kommt nicht in Action. Hingegen wird das Epithel der Magenoberfläche in geringem Grade stets gelöst. Nicht nur die zahlreichen Zellenrudimente im reinen Magensafte sondern auch die stets in ihm vorhandenen Peptone, welche nur aus Selbstverdauung hervorgegangen sein können, sprechen hierfür beweisend. Der Grund, warum die Selbstverdauung im Leben in so engen Grenzen eingeschlossen ist, liegt in der beständigen Neutralisation der zur Verdauung nöthigen Säure durch die alkalischen Gewebsflüssigkeiten, vor allem durch das Blut. Sowie der Nachschub des letzteren aufhört, beginnt die Selbstverdauung in gesteigertem Maasse. PAVY hat einzelne Arterien des Magens unterbunden. An den Stellen, welche in Folge der Operation nicht mehr vor der Magensaftwirkung geschützt waren, trat acute Magenerweichung (durchbrechende Magengeschwüre) ein.

Hülfsvorgänge der Magenverdauung. Chymus.

Bei der Verdauung im lebenden Magen kommen ausser denen, die bisher besprochen worden, noch einige unterstützende Momente in Betracht.

Vor allem die beständige Bewegung, in welcher die in den Magen hinabgeschluckten Speisen durch die regelmässigen Contractionen der Magenwände erhalten werden, welche sie an immer neuen Schleimhautstellen vorüberführt und durch mechanische Reizung Gelegenheit zur reichlichen Absonderung des

Saftes giebt, wirkt äusserst förderlich. Wir können bei künstlichen Verdauungsversuchen mit künstlichem Magensaft in Gläsern im Brutraume durch oftmaliges Schütteln der Verdauungsmischung die Lösung der Eiweisssubstanzen sehr befördern. In der Umgebung der Eiweissstückchen ist, so lange die Mischung ruhig steht, natürlich die Concentration der Flüssigkeit an schon entstandenem Pepton am grössten, der Verdauungsvorgang wird dadurch, wie wir gesehen haben, beeinträchtigt. Nach gleichmässiger Mischung geht dann die Einwirkung des Pepsins wieder rascher vor sich.

Die Bewegung des Verdauungsgemisches im Glas und Magen hat danach den gleichen Effect, wenigstens bis zu einem gewissen Grade, wie die im Magen schon stattfindende Resorption der Peptone, welche eine störende Anhäufung derselben hindert.

Auch die Anwesenheit des mit der Nahrung verschluckten Speichels hat seine weittragende Bedeutung.

Einestheils sehen wir seine Function in einer starken Anregung der Absonderung der Magenschleimhaut bestehen, anderentheils geht auch seine Einwirkung auf das Stärkemehl im Magen fort; es findet auch im Magen eine fortwährende Bildung von Zucker statt, da die sauere Reaction des Saftes bei dem Menschen wohl nur in den seltensten Fällen so stark werden kann, um die Wirkung des Speichelfermentes: des Ptyalin's gänzlich aufzuheben.

Im Magen wird Rohrzucker in Traubenzucker übergeführt; man vermuthet (Hoppe-Seyler), dass hier vor allem der Magenschleim wirksam wird.

Ausserdem werden lösliche, im Speichel noch nicht gelöste Stoffe, besonders Salze, im Magensaft in Lösung übergeführt. Die freie Säure vermag auch Salze zu lösen z. B. kohlensaure und phosphorsaure Erden, die in Wasser allein nicht löslich sind. Für die einfache Lösung kommt die abgesonderte Magensaftmenge vor allem in Betracht. Man darf sich dieselbe nicht zu klein vorstellen. Nach den Berechnungen von Bidder und Schmidt und v. Grünewaldt beträgt die in 24 Stunden möglicherweise abgesonderte Menge 16—30 Pfund Es ist klar, dass diese Zahlen für den Einzelfall keine Geltung haben, doch geben sie immerhin ein Bild im Allgemeinen, worauf es uns hier vor Allem ankommt.

Wenn die Speisen aus dem Munde in den Magen hinabkommen, so sind sie mehr weniger zerkleinert, gemischt, mit Speichel durchtränkt und die Ueberführung der genossenen Stärke in Dextrin und Zucker hat schon begonnen. Die Reaction der Masse ist durch den Speichel in den meisten Fällen akalisch.

Im Magen wird die Reaction der Speisemasse in eine saure umgewandelt; der in so grossen Mengen abgesonderte Magensaft verdünnt die Mischung und bildet aus ihr den Speisebrei oder Chymus. Durch die Einwirkung des Saftes verflüssigen sich die Eiweissstoffe; das Bindegewebe, viele Hüllen der thierischen Zellen etc. lösen sich. Das Fett wird von der Einwirkung des Magensaftes nicht betroffen.

Der Chymus enthält von den aufgenommenen Eiweissstoffen einen Theil noch ganz unverändert; ein anderer grosser Theil ist in die in verdünnten Säuren lösliche Modification (Syntonin, Paralbumin) übergeführt. Bei einem dritten Theile ist die Veränderung schon bis zur Bildung des eigentlichen Peptons fortgeschritten. Von ihm finden sich in dem Chymus stets nur sehr ge-

ringe Mengen vor, da es schon im Magen grösstentheils resorbirt wird. Dasselbe gilt von dem Zucker, der sich aus der aufgenommenen Stärke bildet. Auch von letzterer geht ein Theil noch unverdaut aus dem Magen in den Darm über.

Die Untersuchungen von M. SCHIFF haben für die Wirkung des Stärkemehls in dem Chymus einen neuen Gesichtspunct eröffnet. Es zeigt sich, dass das aus dem Stärkemehl neben dem Zucker bei der Verdauung entstehende Dextrin für die Geschwindigkeit des Verlaufes der Magenverdauung von grösster Bedeutung ist. SCHIFF behauptet, dass unter der Einwirkung des Dextrins im Magen oder Blute sich die Schleimhaut des Magens mit Pepsin »lade«. Die Versuche, auf welche SCHIFF seine Ansicht stützt, beweisen, wie es scheint, unzweifelhaft, dass wirklich die Magenverdauung bei Anwesenheit des Dextrins energischer verläuft. Es scheint aber vor allem die Säurebildung nicht die Pepsinbildung zu sein, welche durch das Dextrin befördert wird. Vielleicht wird das Dextrin selbst in Milchsäure umgewandelt, die wir ja auch sonst an dem Verdauungsvorgange betheiligt sehen.

Magengase.

Eine für den Verdauungsvorgang im Magen sehr wichtige Rolle spielt im Chymus die mit dem Speichel in reicher Menge verschluckte Luft. LIEBIG hat zuerst darauf aufmerksam gemacht, dass sie nicht ohne Wirkung bleiben könne bei den im Magen vor sich gehenden chemischen Umsetzungen.

Die Magengase, welche PLANER untersuchte, zeigen stets eine sehr geringe Menge von Sauerstoff, dafür aber einen sehr bedeutenden Gehalt an Kohlensäure und Stickstoff.

Bei einem Hunde, welcher 4 Tage mit Hülsenfrüchten gefüttert war, zeigten sich 5 Stunden nach dem Fressen die Magengase bestehend aus:

32,91	CO_2
66,30	N
0,79	O.

Die in den Magen verschluckte Luft hat selbstverständlich die normale Zusammensetzung. Wir können aus der gefundenen Stickstoffmenge auf die Menge der verschluckten Luft rechnen, da Stickstoff in dem thierischen Körper soviel wie gar nicht diffundirt, weil alle Gewebe ihre der Luftmischung entsprechende Stickstoffmenge schon aufgenommen haben. Die so berechnete Luftmenge ergiebt, dass für je ein Volum verschwundenen Sauerstoffs 2 Volumina Kohlensäure in dem Magen vorhanden sind.

Versuche an Thieren beweisen, dass die Luft im Magen ganz in der gleichen Weise verändert wird, wie in der Lunge. Der mit den feuchten, von Blut durchtränkten Membranen des Magens in Berührung kommende Sauerstoff wird von dem Blute absorbirt und an seine Statt tritt Kohlensäure aus dem Blute. Vielleicht wird auch durch die Säure des Magensaftes aus dem Blute Kohlensäure ausgetrieben, da die Kohlensäuremenge in den Magengasen eine

so bedeutende ist. Bei dem Menschen ist diese Magenathmung gegen die Lungen- und Hautathmung nur ein sehr untergeordneter Vorgang; bei manchen Thieren (z. B. Cobitis fossilis, Schlammpeitzger) gewinnt dieser Athmungsact vorwiegende Bedeutung.

Verdaulichkeit.

So lange man den Magen für das Centralorgan der Verdauung hielt, schien es leicht durch Beobachtung an Magenfisteln über die »Verdaulichkeit« der einzelnen Nahrungsstoffe und ihrer Gemische zu entscheidenden Resultaten zu kommen. Man glaubte, es sei dazu nur nothwendig, zu sehen, wie lange in den Magen eingebrachte Stoffe in demselben verweilten, bis sie in den Darm abgeschieden wurden. Es sind derartige Beobachtungen zuerst von Beaumont in grosser Anzahl am Menschen gemacht worden. Er fand, dass der Magen seines mit einer Magenfistel behafteten canadischen Jägers nach dem Essen in $1^1/_2$ bis $5^1/_2$ Stunden geleert war.

Seitdem wir wissen, dass im Magen nur ein Theil der verdauenden Wirkungen zur Geltung kommt, welche im ganzen Darmcanale die Speisen erfahren; dass ein grosser Theil der genossenen Speisen ganz unverändert aus dem Magen in den Darm übertritt, könenn wir von solchen ausschliesslich am Magen angestellten Versuchen keinen Aufschluss über die Verdaulichkeit selbst mehr erwarten, doch sind die Resultate immerhin interessant, da sie manche Verdauungsverhältnisse erklären, und für den Arzt Gesichtspuncte für die Wahl der Nahrungsmittel abgeben können. Kaldaunen und Schweinsfüsse, gekocht, sah Beaumont schon nach 1 Stunde aus dem Magen verschwunden, gebratenes Wildpret nach $1^1/_2$, Brod und Milch nach 2, wilde Gans, junges Schwein nach $2^1/_2$, Austern nach $2^3/_4$—$3^1/_2$, eben so lang gebratenes Rindfleisch, gekochtes aber $3^1/_2$—$4^1/_2$, eben so lange frisches, gebratenes Schweinefleisch; geräuchertes Rindfleisch bedurfte im Maximum 5, geräuchertes Schweinefleisch 6 Stunden; Kalbfleisch bis $5^1/_2$, ebenso harte Eier; Lammfleisch bis $4^1/_2$ Stunden.

Ruhe scheint so wie Aerger die Zeit der Abgabe aus dem Magen zu verlängern, starke Arbeit sie zu verkürzen.

Es ist ein vielfältig geltendes Vorurtheil, dass rohe Eier eine besonders verdauliche Speise seien. Kein fester Eiweisskörper widersteht jedoch der Einwirkung des Magensaftes bis zu seiner Ueberführung in Parapepton so lange wie ungeronnenes Hühnereiweiss, sodass es geradezu als der schwerst verdauliche Eiweisskörper gelten muss.

Der Umstand, dass das Caseïn in der Milch gelöst in den Magen gelangt, könnte auch zu der Meinung verleiten, dass wir hier eine besonders leicht verdauliche Eiweissmodification vor uns hätten. Es darf nicht vergessen werden, dass im Magen aller Käsestoff zuerst gerinnt, ehe er dann in die in Säure lösliche Modification, Paralbumin übergeführt wird. So wird es verständlich, wie für Manche die Milch ein schwer verdauliches Nahrungsmittel sein kann.

Bei gewissen Magenerkrankungen scheint die Pepsinbildung abzunehmen, ebenso bei Ernährungsstörungen und Hunger, bei welchen alle Secretbildung sehr bedeutend herabgedrückt wird. Da die Verdauungsfähigkeit des Magen-

saftes mit der Menge an Pepsin zunimmt, so ist die therapeutische Darreichung von Pepsin in den angegebenen Fällen gerechtfertigt. Das »französische Pepsin« ist ein milchsäurehaltiges Gemisch von Peptonen, Pepsin und Stärke. Das französische Pepsin wird im Grossen durch Fällung künstlichen Magensaftes, des kalten Wasserauszugs der Labdrüsenschicht des Magens, mit basisch-essigsaurem Blei, Zerlegen des gewaschenen Niederschlags mit Schwefelwasserstoff und vorsichtigem Eindampfen des mit Milchsäure versetzten Filtrates vom Schwefelblei, unter 40° C. bis zur Syrupconsistenz bereitet. Das braune Extract wird mit Stärke zu einem weissen Pulver angerieben. Das Präparat ist ausserordentlich wirksam.

Häufiger ist eine vermehrte Säurebildung die Ursache von Verdauungsstörungen. In einer stärker saueren Flüssigkeit kann das Pepsin nicht zur Wirksamkeit gelangen. So kann z. B. die Verdauung bei 10 % Salzsäure ganz ausbleiben und beim Verdünnen erst beginnen, oder nach theilweiser Neutralisation durch Zusatz von Alkalien oder alkalischen Erden (z. B. gebrannter Magnesia). An einer derartigen allzustarken Säurebildung betheiligen sich vor allem die Milchsäure-liefernden, zuckerähnlichen Stoffe, welche demnach bei vielen Verdauungsstörungen zu vermeiden sind.

Da die Anhäufung der Peptone in dem Magensafte die Wirksamkeit des Pepsins unterbricht, versteht man, warum so leicht nach grossen Mahlzeiten Verdauungsbeschwerden eintreten. Je mehr wir gleichzeitig auf einmal Fleisch geniessen, um so geringer wird procentisch die wirklich verdaute Menge. Während von reinem fettfreiem Fleische bei mehrmaliger Aufnahme sehr grosser Fleischmengen 95 % wirklich verdaut werden können, werden bei Aufnahme derselben in einer Mahlzeit nur 88 % aufgenommen, 12 % gehen unverändert als Koth ab (J. Ranke).

Achtes Capitel.

Verdauungsvorgänge im Darme.

Der Dünndarm ist das Hauptverdauungsorgan.

Der sauere Speisebrei, der noch bedeutende Mengen aller der Stoffe unverändert in sich enthält, die der Einwirkung des Magensaftes ausgesetzt waren, gelangt durch den Pförtner stossweise in kleinen Partien in den Dünndarm, um dort noch weitere Veränderungen zu erleiden.

Theilweise sind diese Veränderungen ganz derselben Art und betreffen die gleichen Stoffe, wie wir sie in den beiden letzten Capiteln besprochen haben.

Die Eiweissstoffe und das Stärkemehl werden noch möglichst vollständig gelöst und diffusionsfähig gemacht, in Pepton und Zucker umgewandelt.

Andererseits findet im Darme eine Stoffgruppe die Bedingungen ihrer Aufnahme, die bisher noch keine Verdauung erfahren hatte: die Fette.

Um dieses complicirte Resultat der Stoffumänderung zu erreichen, erhält der Darm mehrere Verdauungsflüssigkeiten. Seine Schleimhaut selbst und die in ihr enthaltenen meist schlauchförmigen Drüsen liefern ein Secret: den Darmschleim oder Darmsaft. Ausserdem ergiesst sich durch den Wirsung'schen Gang in den Zwölffingerdarm das Secret der Bauchspeicheldrüse, des Pancreas, das dort mit dem Producte der Leberabsonderung: der Galle zusammentrifft.

Diese drei für die Verdauung wirksamen Säfte mischen sich dem von dem Magen kommenden Chymus bei und vollenden die Veränderungen, die zur Ueberführung der in ihm enthaltenen Nahrungsstoffe in die Säftemasse des Körpers nothwendig sind. Was der Magen begonnen und vorbereitet, wird von dem Darme vollendet. Es unterliegt keinem Zweifel, dass der Dünndarm als Hauptorgan der Verdauung zu betrachten ist.

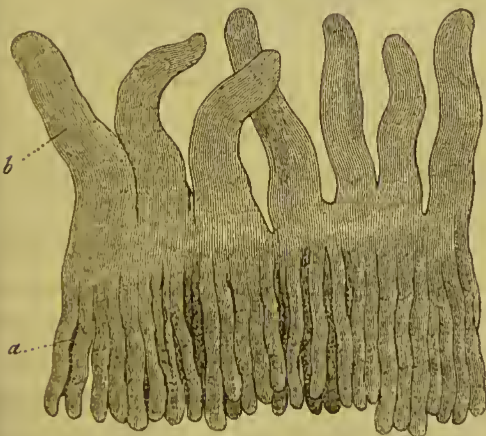
Um das Verständniss zu ermöglichen, müssen wir die einzelnen Secrete, die Organe, denen sie entspringen, ihre Wirkungsweise je für sich allein studiren.

Darmschleimhaut und Darmsaft.

Wir beginnen mit dem Darme und seinem Secrete, dem Darmschleime oder Darmsafte.

Die Schleimhaut des Darmes ist dünner als die des Magens, doch zeigen beide im Bau eine unverkennbare Aehnlichkeit. Auch im Darm sehen wir dicht gedrängt, eine neben der anderen, einfach schlauchförmige Drüsen: die LIEBERKÜHN'schen Drüsen die Schleimhaut senkrecht auf ihre Oberfläche durchsetzen. Sie entsprechen vollkommen den Magenschleimdrüsen im Bau, wie in jene setzt sich auch in diese das Cylinderepithel der Darmoberfläche ununterbrochen fort und kleidet sie vollständig aus. Die innere Darmoberfläche erhebt sich in zahlreiche feine Fältchen und Zöttchen, die später zu beschreibenden Darmzotten, welche der Oberfläche ein sammtartiges Aussehen verleihen. Rings um diese Darmzotten öffnen sich die LIEBERKÜHN'schen Drüsen (Fig. 46.). Sie sind im ganzen Darme verbreitet. Ihre Länge wird durch die Dicke der Schleimhaut bedingt, da sie dieselbe in ihrer ganzen Dicke durchsetzen: $^1/_5$—$^1/_7$''', ihre Breite beträgt 0,028—0,036'''. Jede Drüse besteht aus einem zarten, von einer gleichartigen Membrana propria gebildeten Hülle, welche mit den Cylinderzellen austapezirt ist. Untersucht man die Drüsen der lebenden Schleimhaut, so zeigt sich jede mit einer hellen Flüssigkeit: dem Darmsafte gefüllt.

Fig. 46. (F.)



Die Dünndarmschleimhaut der Katze im senkrechten Durchschnitt. *a* Die LIEBERKÜHN'schen Drüsen; *b* die Darmzotten.

Die Blutgefässe umspinnen die schlauchförmigen Darmdrüsen genau ebenso, wie wir es bei den Magendrüsen gesehen haben.

Die Nerven (Fig. 47.) sind noch kaum weiter als in das submucöse Bindegewebe des Darmes verfolgt, wo sie überraschend reiche Geflechte bilden, in denen MEISSNER eine grosse Anzahl von Ganglienzellen entdeckte, welche zweifellos als nervöse Bewegungs- und Secretions-Centralorgane des Darmes aufzufassen sind, und diesem, die grosse Selbständigkeit in den betreffenden Beziehungen ertheilen, von der wir in der Nervenphysiologie noch weiter hören werden.

Ausser den LIEBERKÜHN'schen Drüsen finden sich in dem obersten Abschnitte des Darmes auf das Duodenum beschränkt auch noch traubenförmige Schleimdrüsen, welche in ihrer Gestalt, Grösse und Bau sowie in ihrem alkalischen Secrete den traubenförmigen Mundschleimhautdrüsen entsprechen. Sie führen den Namen ihres Entdeckers: BRUNNER'sche Drüsen. Sie stehen von dem Pylorus an bis zur Einmündungsstelle des Gallenganges. Direct am Magen bilden sie eine zusammenhängende Lage. Sie sitzen unter

der eigentlichen Schleimhaut und senden ihre Ausführungsgänge durch diese hindurch. Ihre Grösse beträgt von $^1/_{10}$—$1^1/_2'''$ sodass man sie mit blossem

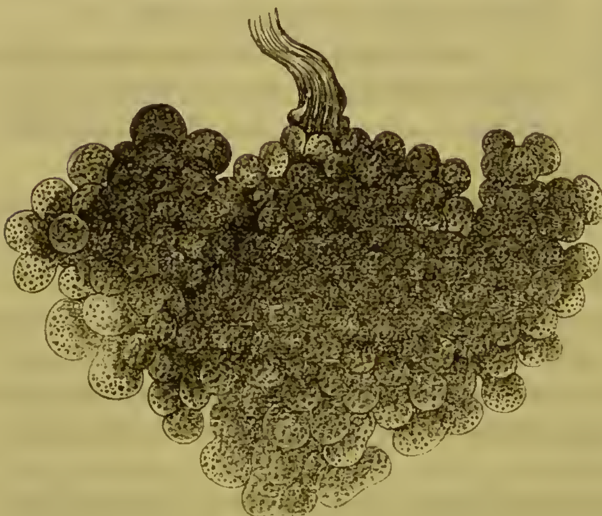
Fig. 47. (*F.*)



Aus dem Dünndarm des Meerschweinchens. *a* Plexus myentericus mit den Ganglien *b*: *c* feinere und *d* stärkere Lymphgefässe.

Auge zu sehen bekommt, wenn man die Schleimhaut von der Muskelhaut abzieht (Fig. 48.).

Fig. 48. (*F.*)



Eine Brunner'sche Drüse des Menschen.

Die Blutgefässe der Brunner'schen Drüsen verhalten sich ganz wie an den Schleimdrüsen der Mundschleimhaut.

Im ganzen Darme finden sich noch reichlich »geschlossene Follikel«. Sie sind den bisher in den Schleimhäuten beschriebenen ganz entsprechend gebaut und sind hier wie dort als einfachste Lymphdrüsen zu betrachten, an welche die Lymphgefässcapillaren aus der Darmschleimhaut und zwar besonders aus den Zotten derselben herantreten, und von denen dann weitere Lymphgefässchen wieder abgehen.

Die geschlossenen Follikel finden sich hier entweder einzeln: solitäre Follikel: Glandulae solitariae, oder zu Haufen vereinigt zu den: Peyer'schen Follikelhaufen. Der Bau und die Grösse zeigen zwischen den Follikeln keinen Unterschied (Fig. 49.).

Im Dickdarm finden sich die geschlossenen Follikel in grösserer Anzahl als im Dünndarme, besonders stehen sie im Wurmfortsatze gedrängt. Sie sind etwas grösser und zeigen über sich regelmässig eine Einsenkung der Schleimhaut, die man nicht mit einer Drüsenmündung verwechseln darf.

Fig. 49. (*F.*)



Verticalschnitt durch eine in ihren Lymphbahnen injicirte PEYER'sche Plaque des Menschen. *a* Darmzotten mit ihren Chylusbahnen; *b* LIEBERKÜHN'sche Drüsen; *c* Muscularis der Schleimhaut; *d* Follikelkuppe; *e* mittlere Follikelzone; *f* Grundtheil der Follikel; *g* Uebergang der Chylusgänge der Darmzotten in die eigentliche Schleimhaut; *h* netzförmige Verbreitung der Lymphbahnen in der Mittelzone; *i* Verlauf am Follikelgrund; *k* Uebergang in die Lymphgefässe der Submucosa; *l* folliculäres Gewebe in der letzteren.

Die Absonderungsflüssigkeit der LIEBERKÜHN'schen Drüsen hat man als Darmsaft oder Darmschleim bezeichnet. Er scheint wie der Magenschleim, der aus ganz ähnlichen Organen stammt fortwährend abgesondert zu werden. Die Art der Einwirkung des Nervensystems auf den Absonderungsvorgang hat man noch nicht nachweisen können. Wahrscheinlich sind es aber die Ganglienzellen des Darmes selbst, welche die Absonderung anregen.

Durch elektrische Nervenreizung z. B. des Vagus sah man bisher keine Secretion eintreten. Dagegen bringen mechanische Reize oder chemische z. B. durch 0,1 % Salzsäure oder elektrische Reize durch Inductionsschläge direct auf die Schleimhaut selbst einwirkend ziemlich reichliche Secretion hervor.

THIRY hat gelehrt, reinen Darmsaft zu gewinnen. Bei einem hungernden Hunde wird ein 1—15 Ctm. langes Darmstück aus dem ganzen Darme so ausgeschnitten, dass es mit seinen Blutgefässen, Bauchfell, Nerven etc. in normaler Verbindung bleibt. Die beiden Enden des durchschnittenen Gesammtdarmes werden wieder vereinigt durch Darmnaht, sodass der Zusammenhang des Darmrohres wieder hergestellt ist, welches nur um das ausgeschnittene Stück sich verkürzt findet. Letzteres wird an dem einem Ende, durch Naht geschlossen, vollkommen wieder in die Bauchhöhle herein gebracht, das andere offene Ende als Fistelöffnung an die Bauchwände befestigt. Nach

der Heilung bleibt die Darmfistel bestehen, durch welche man in das ausgeschnittene nun blind endende Darmstück gelangen kann.

3 □ Ctm. Darmoberfläche secerniren nach Thiry in einer Stunde 4 Gramm Saft. Der ganze Darm des Hundes, der etwa 239 Ctm. lang ist, würde danach in 5 Verdauungsstunden 360 Gramm Saft absondern können; doch übersteigt diese Zahl sicher die wirklich abgesonderte Grösse nicht unbedeutend, da an eine während so langer Zeit fortgehende ununterbrochene Secretion nicht zu denken ist.

Der Saft aus solchen Darmfisteln ist bei Hunden dünnflüssig, hellgelb gefärbt, stark alkalisch und entwickelt mit Säuren Kohlensäure. Sein specifisches Gewicht ist constant 1,0115. Er besitzt 2,5 % feste Bestandtheile:

Eiweiss	0,8013
sonstige organische Stoffe .	0,7337
Asche	0,8789
davon kohlensaures Natron	0,315—0,337 %

Untersucht man den Schleiminhalt des Darmes nach dem Tode, nachdem sich alle Epithelzellen stark mit Wasser imbibirt haben, so zeigen sich in ihm stets abgestossene Epithelzellen in reicher Menge, auch Schleimkörperchen. Offenbar betheiligt sich auch die Oberfläche des Darmes an der Bildung des Schleimes, sodass die Lieberkühn'schen Drüsen nur als Oberflächenvermehrung der Schleimhaut durch Einstülpung zu betrachten sind. Die Schleimbildung beruht auf einer Mucinmetamorphose des Cylinderzelleninhaltes.

Die Wirkungen des Darmsaftes.

Sie stellen sich nach Thiry's Versuchen anders als nach Aelteren zum Theil ungenaueren. Zander brachte bei Hunden in den oberhalb auf einen Kork abgebundenen Darm, um den Zufluss der übrigen in den Darm ergossenen Drüsensäfte abzuhalten, in einem Tüllbeutel die zu verdauenden Stoffe: geronnenes Eiweiss und Fleischstückchen, Stärkekleister. Die Darmschlingen wurden dann wieder in die Bauchhöhle zurückgebracht. Nach einiger Zeit herausgenommen zeigte sich aus Stärkemehl Zucker gebildet und vom Eiweiss 6,5 %, vom Fleische 7,2 % gelöst. Kölliker und H. Müller fanden bei analogem Versuche an einer Katze nach 18 Stunden nur noch 10 % des eingeführten geronnenen Eiweisses. Beide Functionen: Zuckerbildung aus Stärke und Eiweisslösung würden für die Verdauung des Menschen besonders von grossem Werthe sein, bei welchem sich noch im Dickdarminhalte und Kothe unverdaute Stärke, Eiweiss- und Fleischreste finden. Diese Stoffe könnten noch im ganzen Darm durch den Darmsaft eine verdauende Einwirkung erfahren, um so möglichst ausgenutzt zu werden.

Busch sah Eiweissstückchen, welche aus dem Magenende einer Darmfistel beim Menschen unverdaut hervortraten, im Dickdarm noch verdaut werden, sodass eine Ernährung von dem unteren Theile des Darmes aus möglich war.

Der nach Thiry's Methode gewonnene Saft hat die genannten verdauenden Wirkungen nicht, er vermag nur Fibrin zu lösen, wenn seine Reaction alka-

lisch gehalten wird. Diese Lösung beruht auf Anwesenheit eines Fermentes, das sich in ähnlicher Weise wie das Pepsin isoliren lässt.

Im Darme geht Rohrzucker in Rübenzucker, Milchsäure und Buttersäure über durch Gährung.

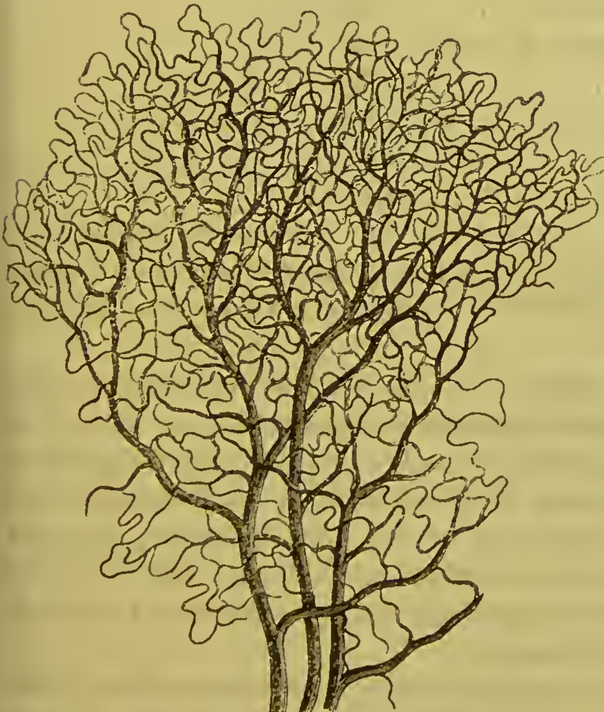
Die Eiweiss verdauende Wirkung des Darmes ist in der Nähe des Pylorus am grössten. Dort stehen jene BRUNNER'schen Drüsen, die in ihrem Baue den Schleimdrüsen und also auch dem Pancreas ganz entsprechen. BERNARD erklärt sie für kleine Pancreasdrüsen.

Pancreas.

Das wichtigste Secret das sich in den Dünndarm ergiesst, ist das der Bauchspeicheldrüse, des Pancreas.

Das Pancreas ist in seinem Baue vollkommen den Speicheldrüsen gleich also wie diese eine zusammengesetzte traubenförmige Drüse. Ihre Lappen und Läppchen lösen sich in mikroskopische Drüsenbläschen auf, welche aus einer structurlosen Haut, einer Membrana propria bestehen, und im Innern mit Pflasterzellen ausgekleidet sind, welche sich durch den Fettreichthum ihres Inhaltes auszeichnen. Die Ausführungsgänge der Bläschen sowie der Hauptausführungsgang der Drüse: der Ductus Wirsungianus besitzt Cylinderepithel. An seinen Wänden sitzen kleine Drüschen an, welche im Bau und möglicherweise auch in der Function mit der Bauchspeicheldrüse übereinstimmen. Ausser dem WIRSUNG'schen Gange besitzt die Drüse noch einen kleineren Ausführungscanal, der aus dem Kopfe der Drüse entspringend, nachdem er sich mit dem Hauptgange durch einen Seitencanal verbunden, entweder über oder unter der Einmündungsstelle desselben seinen Inhalt in den Darm ergiesst. Bei Unterbindungsversuchen des Pancreasausführungsganges zum Zwecke, sein Secret von der Darmverdauung auszuschliessen, muss sowohl dieser zweite Gang wie die von BERNARD beschriebenen kleinen Nebendrüsen des Pancreas berücksichtigt werden, welche sich nach KLOB auch beim Menschen finden. Nach ZENKER sitzen sie stets in der Darmwand selbst. Die reichlichen Blutgefässe des Pancreas stimmen in ihrer Verbreitung mit denen der Speicheldrüsen ganz überein (Fig. 50). Die sehr reichlichen

Fig. 50. (*K.*)



Gefässe des Pancreas des Kaninchens. Vergr. 45.

Nervenstämme vom Sympathicus, sind in ihrem Verhalten noch nicht weiter erforscht, an den feinen Ausführungsgängen liegen zahlreiche Ganglien.

Ebensowenig ist über den Nerveneinfluss auf die Bauchspeichel-Absonderung bekannt, welche etwa 5—6 Stunden nach der Nahrungsaufnahme eintritt. Sie scheint durch sensible Reize der Magenschleimhaut (z. B. Aether) angeregt zu werden. Nahrungsaufnahme steigert sie darum. Wie alle arbeitenden Organe zeigt sie bei ihrer Thätigkeit in der Verdauung einen gesteigerten Blutzufluss. Während sie im nüchternen Zustande schlaff und weisslich ist, schwillt sie während der Verdauung an und bekommt von den gefüllten Gefässen ein schön rothes Ansehen. Es geht daraus hervor, dass das Rohmaterial für die Drüsenabsonderung vom Blute geliefert wird; es unterliegt aber keinem Zweifel, dass auch hier die Drüsenzellen es sind, welche das indifferente Material zu dem eigenthümlichen Drüsensecrete verarbeiten.

Der Bauchspeichel.

Nach den Beobachtungen von Bidder und Schmidt und Cl. Bernard ist der Bauchspeichel, welcher aus frisch bei einem Hunde angelegten Fisteln des Wirsung'schen Ganges gewonnen wurde, eine stark klebrige Flüssigkeit, ohne morphologische Bestandtheile, klar, farblos, alkalisch, von salzigem Geschmack. Die festen Bestandtheile betragen zwischen 10—12 %. Die Natronsalze überwiegen in der Asche ungemein.

Nach einer Analyse Schmidt's betrugen die festen Stoffe im Pancreassafte zusammen 9,9 %; die Asche betrug 8,54 pro mill; sie bestand aus:

schwefelsaurem Kali . .	0,02
,, Natron	0,10
Chlornatrium	7,36
phosphorsaurem Natron	0,45
Natron	0,32
Kalk	0,22
Magnesia	0,05
Eisenoxyd	0,02

es waren also von den 8,54 pr. M. nur 0,31 pr. M. andere Substanzen als Natronverbindungen. Der Saft giebt alle Reactionen einer alkalischen Lösung gewöhnlichen Eiweisses. Daneben enthält er auch durch Essigsäure fällbares Kalialbuminat.

Andere Beobachter (Ludwig, Weinmann) haben an Saft aus permanent bestehenden Fisteln eine weit geringere Concentration beobachtet nur etwa 5 % im Mittel feste Stoffe und dem entsprechend auch einen geringeren Gehalt an Salzen. Ludwig lieferte den Beweis, dass die Concentration des Bauchspeichels mit der zunehmenden Absonderungsgrösse in der Zeit abnimmt, je mehr Saft abgesondert wird, desto weniger feste Stoffe enthält er. Die Verschiedenheiten in der Saftconcentration an temporären und permanenten Fisteln ist eine vollkommen regelmässige Erscheinung.

Legt man eine Pancreasfistel 5—9 Stunden nach reichlicher Nahrungsaufnahme an, so zeigt sich der ausfliessende Saft zähflüssig. Es hängt dieses sicher

mit der oben erwähnten Röthung der Drüse durch die gesteigerte Blutzufuhr zusammen. Denn aus der blassen Drüse erhält man aus Fisteln, die *nach* der 9. Stunde nach der Nahrungsaufnahme angelegt wurden stets nur einen dünnflüssigen Saft, der aber auch durch eingenommene Nahrung niemals die erwähnte dickliche Beschaffenheit des normalen Bauchspeichels enthält; man behauptet, dass die Drüse mit einer permanenten Fistel sich nicht mehr röthen soll. Der dünne Saft zeigt nicht alle die specifischen Wirkungen des dickflüssigen.

Die *chemische Zusammensetzung der Drüsensubstanz des Pancreas* giebt uns über die originellen Stoffvorgänge in ihren Drüsenzellen wenig Aufschlüsse, wenn sie jene auch im Allgemeinen als ganz besonderer Art erkennen lässt.

An Stoffen fanden sich im Gewebssaft, wobei eine Isolirung des etwa in den Ausführungsgängen enthaltenen Secretes nicht möglich war: *Wasser, lösliches Albumin, Leucin, Tyrosin, Guanin, Xanthin, Milchsäure, flüchtige Fettsäuren* (?), *Inosit* (?), *Fette, anorganische Salze*.

Das *Leucin* findet sich in der Bauchspeicheldrüse in reichlicherer Menge als in irgend einem anderen drüsigen Organe. Es hat die Formel: $C_{12}H_{13}NO_4$. Aus Pancreas vom Ochsen erhielt SCHERER 1,77 % der feuchten Drüse Leucin. Es ist auch in der frischen, lebenden Drüse enthalten, wie derselbe Forscher nachweisen konnte. Das *Tyrosin* $C_{18}H_{11}NO_6$ ist in ihr in weit geringerer Menge vorhanden.

Die quantitative Zusammensetzung der Drüse veranschaulicht etwa folgende Tabelle:

Wasser	745,33	OIDMANN
organische Stoffe	248,77	OIDMANN
anorganische Stoffe	9,50	OIDMANN
Leucin	1,77	SCHERER
Xanthin	0,0166	SCHERER
Guanin	0,0122	SCHERER

Die grösste Menge der organischen Stoffe besteht aus Eiweiss und Fetten.

Nach E. BISCHOFF betrug der Gehalt eines Pancreas von einem Hingerichteten an festen Stoffen: 17,386 %, an Wasser: 82,613 %.

Wirkung des Bauchspeichels.

Man war geneigt, dem Eiweissstoffe des Saftes die fermentartigen Wirkungen des Bauchspeichels zuzuschreiben; jetzt ist es wahrscheinlicher, dass die aus ihrer Wirksamkeit erkannten *Fermente* keine Eiweisskörper sind. Jedenfalls sind es mehrere Fermente, die sich durch Wasser aus dem geröthe-ten Pancreas ausziehen lassen. Zwei wurden durch COHNHEIM und DANILEWSKY ziemlich rein dargestellt.

Die Functionen des pancreatischen Secretes bestehen in:

1) *Umwandlung von Stärkemehl in Zucker*,
2) *Verdauung der Eiweisssubstanzen zu Peptonen*, und
3) *in Vorbereitung des Fettes zur Aufnahme in die Chylusgefässe.*

Die Fähigkeit der Umwandlung der Stärke in Zucker besitzt der Bauchspeichel in noch weit höherem Maasse als der Mundspeichel, worauf besonders Cl. Bernard aufmerksam machte. Durch den Bauchspeichel wird nicht nur gekochte sondern auch rohe Stärke verdaut. Bei 35° C. ist die Wirkung momentan, bei niederer Temperatur immer noch sehr rasch. Alle Einflüsse die wir hindernd oder befördernd auf die Mundspeichelwirkung fanden, haben die gleiche Wirkung auf das Pancreassecret. Bidder und Schmidt haben beweisen können, dass diese Zuckerbildung fortgeht, unbeeinträchtigt von der Anwesenheit von Galle und sauerem Magensaft. Die Stärke, welche also nicht schon im Munde und im schwach saueren Mageninhalte durch den Mundspeichel in Zucker verwandelt wurde, findet in dem Bauchspeichel noch ein weiteres Umwandlungsagens vor, welches vielleicht noch durch den Darmsaft unterstützt wird.

Das Zuckerbildungsvermögen kann das Pancreas bei den Carnivoren wenigstens im wilden Zustande, in welchem sie keine Stärkemehl haltige Nahrung geniessen, nicht bethätigen, trotzdem findet sich die Drüse auch bei ihnen in bedeutender Grössenentwickelung vor, zum Beweise, dass ihre zweite, von Corvisart constatirte Function: die Verdauung von Eiweisskörpern an Wichtigkeit der erstgenannten nicht nachsteht.

Diese Fähigkeit des Bauchspeichels war lange Gegenstand der Controverse, der eine Autor konnte sie bestätigen, der andere fand an Stelle der beschriebenen Verdauungsvorgänge nur Fäulniss. Die neueren Untersuchungen, besonders die von Meissner, haben über allen Zweifel erhoben, dass durch Einwirkung von Pancreas-Extract die Ueberführung der Eiweissstoffe in Peptone gelingt, aber nur dann, wenn das zu dem Versuche verwendete Pancreas von einem während der Verdauung geschlachteten Thiere stammt. Wie sich Schiff ausdrückt, ist nur während der Verdauung das Pancreas mit seinen Fermenten »geladen«. Wie wir uns diesen Ladungsvorgang vorstellen sollen, ist noch nicht aufgehellt. Nach Schiff wäre die Anwesenheit des Dextrin's in der aufgenommenen Nahrung eines der Anregungsmittel, wie er dasselbe auch bei der Pepsin-Ladung des Magens annimmt.

Nach Meissner's Versuchen sollten nur in schwachsaueren Flüssigkeiten die Eiweisskörper ohne vorausgehende Parapeptonbildung, zu Peptonen und zwar zu denselben wie durch die Einwirkung des Magensaftes sich lösen. Andere, besonders Corvisart sahen die Lösung auch in schwach alkalischen oder neutralen Flüssigkeiten eintreten. Jedenfalls stellt sich bei nicht sauerer Reaction in der Mehrzahl der Fälle ein gleichzeitiger Fäulnissvorgang in den künstlichen Verdauungsgemischen ein, wenn auch die Entstehung des Peptons nebenher stattfindet. Nach Corvisart löst der Pancreassaft auch leimgebendes Gewebe und Leim zu einer nicht mehr gelatinirenden Flüssigkeit. Die Leimverdauung fände also, da das Pepsin sie nicht besorgt nur durch das Pancreas statt.

Da Bernard dem Bauchspeichel auch noch eine Einwirkung auf die Fettverdauung zuschreibt, so macht er das Pancreas zum Factotum der Verdauung.

Die Behauptung Bernard's stützt sich darauf, dass jeder Bauchspeichel mit flüssigem Fett geschüttelt eine ausnehmend feine Emulsion, Fettstaub bildet, aus der sich die minimalen Fetttröpfchen nicht wieder abscheiden.

Diese Tröpfchen sind so fein, dass man annehmen zu dürfen glaubt, dass sie als solche die supponirten Membranlücken in und zwischen den den Darm auskleidenden Zellen durchsetzen können.

Die Frage, wie das Fett in die Lymphgefässe hereingelange, durch die mit Wasser getränkten Gewebe hindurch, mit denen es sich ebenso wenig mischt, wie ein Oeltropfen in ein mit Wasser befeuchtetes Papier eindringt, hat zahllose Untersuchungen hervorgerufen.

Es ist klar, dass man sich denken kann, dass, wenn nur die Fetttröpfchen möglichst klein sind, sie durch die feinen Porenöffnungen der Zellen des Darmes, welch letztere Brücke sogar ohne Zellmembran an der Darmoberfläche beschreibt, eingepresst werden könnten. In dieser Hinsicht ist also das Emulsionsvermögen des Bauchspeichels von Wichtigkeit geworden. Man hat gezeigt, dass auch die Galle und der Darmsaft wie alle dünnflüssigen Secrete dieses Vermögen theilen, doch nicht so klein scheinen die von ihnen zertheilten Fetttröpfchen zu werden.

Man könnte sich andererseits vorstellen, dass das Fett, um aufgenommen zu werden, in eine mit Wasser mischbare Modification, Seife, übergeführt werden könnte, welche die Gewebe durchsetzt und sich in der Lymphbahn, wo sich wahres Fett findet, erst wieder in Fett umwandelte.

Bernard hat gefunden, dass die Substanz der Bauchspeicheldrüse, auch der blassen, (Eberle) und das Secret derselben die neutralen Fette zerlegt unter Bildung von Fettsäuren, sodass also Gelegenheit zu einer Verseifung derselben gegeben ist, wodurch sie das geforderte Vermögen, mit Wasser sich zu mischen, erhalten würden.

Durch Zerstörungen des Pancreas an lebenden Thieren suchte Bernard die Annahme zu stützen, dass der Bauchspeichel zur Fettverdauung unumgänglich erforderlich sei. Andere Autoren konnten die für seine Ansicht positiven Resultate nicht bestätigen. Bernard machte dagegen auf die möglichen Fehler bei den Versuchen aufmerksam: der zweite Gang der Drüse, der nach Unterbindung des Hauptganges noch Saft in den Darm führen konnte, die Nebenpancreasdrüsen, die nach der Zerstörung des Hauptorganes noch fort functioniren.

Wir kommen bei der Frage nach der Resorption auf die Pancreaswirkung zurück.

Die Leber.

Die Hauptwirkung bei der Fettverdauung scheint dem Secrete der Leber, der Galle zuzugehören.

Die Leber ist die grösste Drüse des menschlichen Organismus und unterscheidet sich im Baue wesentlich von allen übrigen Organen, die der Absonderung dienen.

Aeusserlich ist das dunkelbraun, im normalen Zustande gleichmässig gefärbte, im Leben sehr brüchige, Leberparenchym mit einer bindegewebigen Haut: der Glisson'schen Kapsel überzogen, welche fast überall noch eine zweite Hülle durch das Bauchfell erhält.

Der Hauptunterschied der Leber von den übrigen Drüsen mit Ausführungsgängen besteht darin, dass sie sich nicht in von einander getrennte Läppchen scheiden lässt, von denen jedes, wie wir das sonst überall gesehen haben, sein eigenes, getrenntes Gefässnetz und Ausführungsgang besitzt und die mit einander nur durch Bindegewebe vereinigt sind. Das absondernde Gewebe sowie das Netz der Capillargefässe stehen in der menschlichen Leber überall in directer Verbindung.

Anders ist dieses bei den Lebern des Eisbären und des Schweines, bei welchen Thieren eine Trennung des Lebergewebes in einzelne, mit freiem Auge sichtbare Läppchen oder Inselchen durch dazwischentretendes Bindegewebe besteht.

E. H. Weber hat zuerst gezeigt, dass dieses letztgenannte Verhalten von der menschlichen Leber nicht getheilt wird, wenn auch häufig genug krankhafte Veränderungen der Drüse ein nach dieser Richtung zu deutendes Verhalten vortäuschen. Nirgends tritt Bindegewebe in so grosser Menge in die menschliche Leber ein, um eine Sonderung in Läppchen oder Inselchen zu Stande kommen zu lassen. Trotzdem behaupten auch in der menschlichen Leber kleine Gewebsabschnitte etwa von der Grösse der Leberläppchen des Schweines — $1/3$ bis $1'''$ gross — eine gewisse Selbständigkeit.

Man hat auch sie mit dem Namen Leberläppchen oder Leberinselchen belegt.

Die Selbständigkeit, die Individualisirung der Leberläppchen liegt vor allem in der Anordnung ihrer Gefässe.

Die Leber bekommt nicht nur aus Einer Quelle Blut zugeführt. Ausser der Arteria hepatica erhält sie noch Blut aus dem Venenstamm der Pfortader, die sich aus den Capillargefässen des Magens, der Milz und der Gedärme etc. bildet. Sie löst sich in der Leber zu einem zweiten Capillarnetze auf, sodass der Blutstrom in ihr ungemein langsam werden muss. Wir haben also drei Lebergefässarten zu unterscheiden; zwei zuführende Gefässe: Arteria hepatica und Vena portae und die abführenden Gefässe: die Lebervenen, Venae hepaticae.

Um die Läppchen herum verlaufen feine Pfortaderzweige: Venae interlobulares, welche ein reiches Capillarnetz in das Innere der Läppchen senden. Dort verbinden sie sich mit den arteriellen Capillaren, deren feinste Stämmchen auch im Umfange der Läppchen verlaufen, und ergiessen ihr gemischtes Blut in ein grösseres Aestchen der Lebervene: Vena centralis oder intralobularis, welches regelmässig in der Mitte jedes Läppchens sich findet. So stehen also die kleinsten zu- und abführenden Gefässstämmchen durch die ganze Leber hindurch in ganz regelmässigen Abständen von einander, und wenn auch die Gefässe der einzelnen Läppchen überall in directer Verbindung mit einander stehen, so lässt sich eine aus ihrer regelmässig wiederkehrenden Anordnung folgende Selbständigkeit der einzelnen Gefässbezirke nicht verkennen.

Die feinen gallenabführenden Gänge schliessen sich an die Pfortaderstämmchen, die Venae interlobulares an und betheiligen sich damit an der schärferen Abgrenzung der Läppchen, sodass jedes derselben von einem reichen Gefässnetz rings umsponnen wird.

Zwischen diesen Gefässen, den übrig bleibenden Raum vollkommen aus-

füllend, befindet sich das eigentlich absondernde Gewebe der Leber: das sich aus den L e b e r z e l l e n zusammensetzt.

Es sind unregelmässig geformte, durch Druck abgeplattete Zellen, mit einem feinkörnigen sehr eiweissreichen, gelblichen Protoplasma, in welchem sich ein grosser, runder, bläschenförmiger Zellenkern mit einem oder zwei Kernkörperchen erkennen lässt (Fig. 51.). In dem Inhalte der Zellen finden sich regelmässig grössere und kleinere F e t t t r ö p f c h e n und gelbröthliche F a r b s t o f f k ö r n c h e n. Besonders bei pathologischen Veränderungen, aber auch bei der reichlichen Zufuhr von Fett in der Nahrung z. B. bei säugenden Thieren findet sich eine bedeutende Anhäufung von Fett in den Zellen, die dann, wenn die einzelnen kleinen Tröpfchen zu grösseren Fetttropfen zusammengeflossen sind, fast das Ansehen von Fettzellen des Bindegewebes erhalten können (Fig. 52.). Die Membran der Leberzellen ist undeutlich; isolirt zeigen die Zellen langsame amöboide Bewegungen (LEUCKART).

Fig. 51. (*F.*)



Leberzellen des Menschen; *a* einkernige, *b* eine mit doppeltem Nucleus.

Fig. 52. (*F.*)

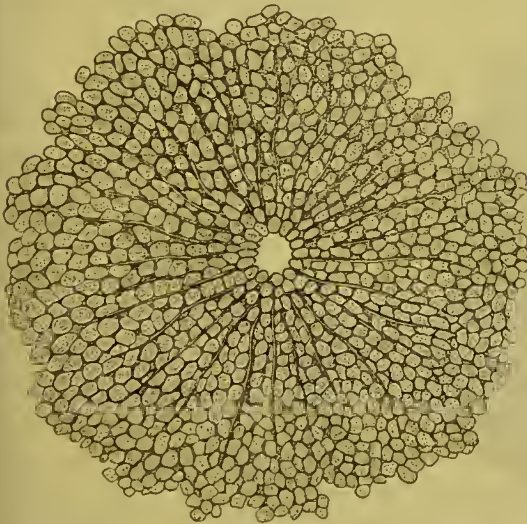


Zellen der Fettleber; *a. b* mit kleineren Fettmolecülen und Tröpfchen; *c. d* mit grossen Tropfen.

Die Erkenntniss der Anordnung der Leberzellen innerhalb der Läppchen ist erst in der neuesten Zeit gelungen.

Die Zellen liegen mit ihren abgeplatteten Flächen direct neben einander und bilden ein solides Netzwerk, ohne dass man früher mit aller Sicherheit eine die Zellen von aussen umschliessende Hülle eine Membrana propria hatte nachweisen können. Schabt man etwas Substanz von der Leber ab, so bekommt man stets neben ganz isolirten Zellen noch Bruchstücke dieses Netzwerkes, verästelte Leberzellenbalken zu sehen. Besonders regelmässig ist das Zellennetz um die Centralvene herum, wo man eine wirklich strahlenförmige Anordnung trifft (Fig 53.). Die Balken des Zellennetzes richten sich in ihrer Breite nach den Zwischenräumen, welche die Capillaren zwischen sich lassen, manchmal bestehen sie nur aus einer Zellenreihe hinter einander, manchmal sind sie 2—5 Zellen breit, stets aber ist ihre Form ganz unregelmässig, was sich mit Nothwendigkeit aus der ungleichmässigen Vertheilung der Capillaren und ihrer Zwischenräume ergiebt.

Fig. 53. (*F.*)



Leberläppchen eines 10 jährigen Knaben (Copie nach ECKER) mit dem Querschnitt des centralen Lebervenenstämmchens.

Man hat lange geforscht, in welcher Weise sich diese Zellbalken zu den

Anfängen der Gallengänge verhalten. Es schien am einfachsten, anzunehmen, dass wie an anderen Drüsen auch bei der Leber, die absondernden Zellen in eine Hülle eingeschlossen, die dann in die Gallengänge mündete, als Epithel stünden.

Nach Beale, Kölliker u. A. findet sich eine solche Anordnung wirklich.

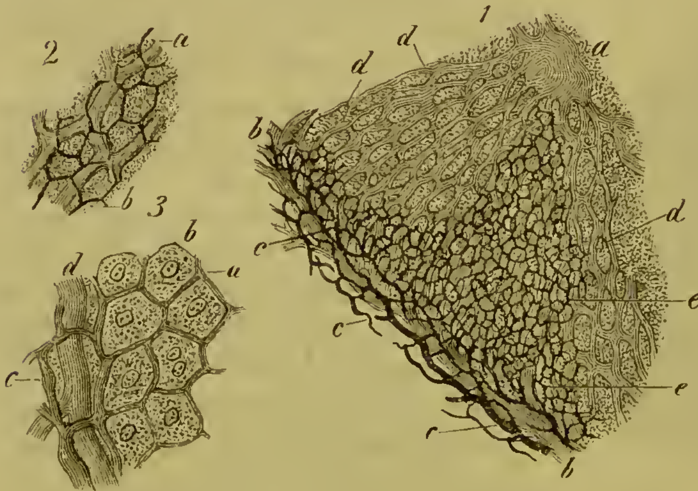
Die Gallengänge gehen, wie schon lange bekannt ist, in Begleitung der Pfortader- und der Leberarterienzweige in das Innere des Lebergewebes ein, indem sie sich baumförmig verästeln, erreichen sie endlich die Läppchen, wo sie sich zu einem zarten Netzwerke in dem Läppchenumkreise auflösen, nachdem sie vorher fast ohne alle gegenseitige Verbindung mit einander verliefen. Von diesem Geflechte gehen dann feinste Gefässchen an die Läppchen heran.

Die letztgenannten Forscher nehmen an, dass die Verbindung der feinsten Gallengefässe und der Leberzellen dadurch bewirkt wird, dass sich eine zarte Hülle von den Gallengängen her über die Leberzellen hinwegzieht, sodass die Balken als leberzellenhaltige zarte Röhren erscheinen, was besonders bei Lebern von Embryonen deutlich sei. Bei Lebern von Erwachsenen liesse sich diese Hülle um die Leberzellen nur an den Ansatzstellen der Zellenröhren an die Gallengefässe noch nachweisen, weiterhin verschmelze sie untrennbar mit den Membranen der Gefässe.

Die feinsten wirklichen Gallengänge im Läppchenumkreis haben nur noch einen Durchmesser von 0,005—0,007″. Bei einer Vereinigung mit den Zellenröhren mussten sie sich plötzlich erweitern.

Beale nimmt an, dass die Leberzellen die ganze Höhlung, welche von der sie umschliessenden feinen Hülle — einer Membrana propria — gebildet wird, nicht vollkommen ausfüllen, sodass neben ihnen Platz für den Abfluss des in ihnen gebildeten Secretes bleibt.

Fig. 54. (*F.*)



Gallencapillaren der Kaninchenleber. 1 Ein Theil eines Läppchens. *a* Vena hepatica; *b* Pfortaderast; *c* Gallengänge; *d* Capillaren; *e* Gallencapillaren. 2 Die Gallencapillaren (*b*) in ihrem Verhalten zu den Haargefässen der Blutbahn (*a*). 3 Gallencapillaren in ihrer Anordnung zu den Leberzellen. *a* Capillaren; *b* Leberzellen; *c* Gallengängchen; *d* Haargefässe der Blutbahn.

Nach Kölliker erfüllen die Zellen den Raum ganz und findet die Flüssigkeitsbewegung von Zelle zu Zelle in Art der Saftbewegung in den Pflanzenzellen statt.

Frey entscheidet sich den letztvorgelegten Ansichten gegenüber zu den auf Gerlach's Beobachtungen basirenden Entdeckungen von Budge, Andréjevic, Mac Gillavry und Chrzonszczewsky, dass feinste Gallengänge: Gallengangcapillaren in die Läppchen hereintreten und die Leberzellen selbst in feinster,

regelmässigster Weise umspinnen. Sie sind Canälchen von äusserster Feinheit (beim Kaninchen 0,0011—0,0008‴ messend) und bilden kubische Maschenräume von der Grösse der Leberzellen, welche also an vielen Stellen mit diesem Canalsysteme in Berührung kommen (Fig. 54.). Das Ganze bildet ein wunderbar zierliches drittes Netz zwischen den Netzen der Blutgefässe und Zellenbalken. Die regelmässige Verzweigung der Gallencapillaren spricht für eigene Wandungen ihrer Bahnen.

Die dickeren Lebergallengänge bestehen aus Bindegewebe mit elastischen Fasern mit Cylinderepithel bekleidet, nur an den ausserhalb der Leber verlaufenden Gallengängen zeigen sich auch spärlich organische Muskelfasern, die aber nur an der Gallenblase zu einer dünnen Muskelschichte werden. Die feinsten Gallengänge haben nur eine structurlose Hülle und ein Pflasterepithelium.

In den Gallenwegen findet sich eine Menge kleiner traubenförmiger Schleimdrüschen: die Gallengangdrüsen. Luschka zeigte ihr Vorkommen auch in der Gallenblase.

Die Leber ist reich an Lymphgefässen die ein oberflächliches und tieferes Netz um sie spinnen und die Pfortader bis in die Läppchen begleiten. Hier setzen sie sich fort in ein sehr merkwürdiges das ganze Läppchen durchstrickendes viertes Netzwerk lymphatischer Gänge. Alle Capillaren der Blutbahn werden nämlich von einem Lymphstrom umscheidet. Die Leberzellen grenzen mit einem Theil ihrer Oberfläche auch an diesen interlobulären Lymphstrom (Mac Gillavry).

Die zahlreichen Nerven der Leber, die vom Sympathicus — Plexus coeliacus — und Vagus stammen, sind in ihrem Verhalten im Innern der Drüse in welche sie mit den Arterien eindringen, noch nicht näher erforscht. Nicht einmal Ganglien sind bisher an ihren Netzen wahrzunehmen gewesen. In der Nähe der Arteriae interlobulares sind die Nerven nur noch feinste marklose Zweige von 0,08—0,012‴ Durchmesser.

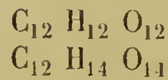
Chemische Bestandtheile der Leberzellen.

Die Leber als die grösste Drüse des Organismus war vielfältig Gegenstand eingehender chemischer Untersuchung. Man hat in ihr (Bernard, Hensen) einen in den übrigen Organen des Erwachsenen sonst nicht vorkommenden Stoff, zweifellos ein Product ihrer Zellenthätigkeit, in grosser Menge aufgefunden, das Glycogen, das sich unter denselben Bedingungen wie Stärke in Zucker verwandelt. Diese Entdeckung wirft interessante Lichtblicke auf die Stoffvorgänge in den Leberzellen.

Unter den Bestandtheilen, die man nach der Ausspritzung des Blutes bei möglichster Vermeidung cadaveröser Zersetzungen (durch Abkühlen auf die Temperatur des schmelzenden Eises oder durch Erhitzen auf 100° C.) aus der Leber gewinnt, steht quantitativ neben dem Eiweiss, das in den kalten wässerigen Extract in grossen Mengen übergeht, das Glycogen oben an. Daneben findet sich noch eine grössere oder geringere Spur von wahrem Zucker, und specifische Gallenbestandtheile, von denen es zweifel-

haft bleibt, ob sie aus dem Zelleninhalte oder aus den Gallengängen stammen, die nicht entleert werden konnten.

Das Glycogen wird entweder als schneeweisses, lockeres Pulver oder als spröde gummiartige Masse gewonnen. Seine elementare Zusammensetzung lässt es nach v. Gorup-Besanez, Apjohn, Pelouze als ein wahres Kohlehydrat erscheinen, das sich von Stärke nicht unterscheidet: $C_{12}H_{10}O_{10}$. Doch scheint es verschiedene Wassermengen chemisch binden zu können, denn die Analysen verschieden dargestellter Präparate ergaben neben der eben genannten auch wasserreichere Formeln:



$$C_{12}H_{12}O_{12}$$
$$C_{12}H_{14}O_{14}$$

Die Lösung des Glycogens in Wasser ist milchig trüb, mit Iod nimmt es tiefrothe Farbe an (wie die Stärkeart: Inulin); es reducirt Kupferoxyd in alkalischer Lösung nicht, sodass es sich also vom Traubenzucker leicht unterscheiden lässt.

Kochen mit verdünnter Schwefelsäure oder Salzsäure, Speichel, pancreatischer Saft verwandeln das Glycogen zuerst in einen dem Dextrin ähnlichen Stoff, dann in Traubenzucker. Dasselbe thut kaltgewonnenes wässeriges Leberextract und Blutserum, sodass wir in diesen ein zuckerbildendes Ferment wie in den Speicheldrüsen und dem Pancreas annehmen müssen. Die Umwandlung erfolgt im Gegensatze zu der von Stärke nur bei einer Temperatur von mindestens 30° C. Das animalische Dextrin, die Vorstufe des Zuckers stellte Limpricht aus Pferdelebern dar.

Es erscheint nach dem Gesagten als keine gewagte Behauptung, wenn man den in dem Leberextracte gefundenen Zucker von der Umwandlung des Glycogens ableitet.

Lässt man ausgeschnittene, frische Lebern einige Zeit liegen, so entsteht in ihnen fast ohne Ausnahme Zucker in reichlicher Menge, zum Beweise dass das zuckerbildende Ferment in der lebenden Leber schon enthalten sei.

Nicht selten findet sich aber in der ganz frischen, dem eben getödteten Thiere entnommenen Leber neben dem Glycogen gar kein Zucker vor. Es darf dieses nicht so gedeutet werden, als ob der Zucker überhaupt erst ein Product cadaveröser Zersetzung der Leber sei (Pavy, Meissner). Unter den Bedingungen der Diffusion wird der Zucker, der in der Zeiteinheit in gewisser Menge gebildet wird, ebenso rasch wie er entsteht, aus der Leber durch den Blutstrom abgeführt, in welchem man ihn stets nachweisen kann.

Bernard zeigte dass das Pfortaderblut keinen Zucker enthalte, dagegen ist das Lebervenenblut stets zuckerhaltig. Es scheint diese Beobachtung kaum eine andere Erklärung zuzulassen als die, dass dieser Zucker aus der Leber stammt. Erst wenn die Bernard'sche Beobachtung als unrichtig erwiesen wäre, was bisher noch nicht mit Sicherheit geschehen ist, würden wir gezwungen sein, den Gedanken einer Zuckerbildung während des Lebens aufzugeben.

Die Glycogenmenge in der Leber steht unter Beeinflussung der Nahrungsverhältnisse. Am reichlichsten ist sie bei einer Nahrung aus Stärke oder Zucker mit Albuminaten. Fettfreies Fleisch, Leim genügen um in der Leber Glycogen hervorzubringen, während es aber bei der erst genannten Nahrungsweise bei

Hühnern bis zu 12 % des Lebergewichtes ansteigen kann, beträgt es bei der zweiten nur 1,7 %. Bei verhungerten Thieren kann es in der Leber gänzlich fehlen.

Ausser in der Leber der Erwachsenen ist das Glycogen auch in den Organen namentlich den Muskeln von Embryonen nachgewiesen worden (Bernard, Kühne), aus denen es einige Zeit nach der Geburt verschwindet, um dann wenigstens in den Muskeln durch einen wahren Zucker (Meissner, J. Ranke) ersetzt zu werden. In den Muskeln neugeborener Thiere fand es M'Donnel. Dextrin stellte Limpricht aus dem Fleisch junger Pferde dar (Scherer).

Das Eiweiss ist in den Leberzellen zum Theil als Kalialbuminat enthalten. Es fällt beim Ansäuren mit Essigsäure heraus. Dasselbe findet statt bei der nach dem Tode eintretenden Säuerung des im Leben alkalischen Gewebssaftes der Leber. Die Säuerung geschieht wie in den Muskeln durch das Auftreten von Milchsäure, die von verschiedenen Beobachtern in den Lebern der Menschen und Thiere nachgewiesen wurde. Durch die Gerinnung des Albuminats wird die Leber ganz ähnlich todtenstarr wie der Muskel, wodurch sie weniger brüchig, fester erscheint. Es betheiligt sich an dem Starrwerden aber auch das bei der Abkühlung festwerdende Fett der Leberzellen.

Die Fette der Leber sind noch wenig untersucht, es finden sich, neben anderen noch unerforschten, stets Oleïn, Stearin und Palmitin. v. Bibra fand Spuren von Cholesterin im Leberextract.

Harnsäure, Sarkin und Xanthin scheinen (Scherer, Cloetta, Städeler) stets im Leberextract zu sein.

v. Bibra fand in der Leber eines in Folge eines Sturzes plötzlich gestorbenen Mannes folgende Zusammensetzung, die als Beispiel der normalen quantitativen Verhältnisse dienen kann:

Wasser	761,7
feste Stoffe	238,3
unlösliches Gewebe .	94,4
lösliches Albumin .	24,0
Glutin	33,7
Extractivstoffe . . .	60,7
Fett	25,0

Die Asche der Leber stimmt ziemlich genau mit der Fleischasche überein, doch überwiegen die Kalisalze etwas weniger über die Natronsalze als im Fleische. In 100 Theilen Asche der Leber eines Mannes sind nach einer Analyse von Oidtmann:

Kali	25,23
Natron	14,51
Magnesia . . .	0,20
Kalk	3,61
Chlor	2,58
Phosphorsäure	50,18
Schwefelsäure	0,92
Kieselsäure . .	0,27
Eisenoxyd . .	2,74
Manganoxydul	0,10
Kupferoxyd . .	0,05
Bleioxyd . . .	0,01
	100,00

Kupfer und Blei finden sich fast regelmässig in der Asche der Menschenleber.

Nur ein Theil der in der Leber aufgefundenen Stoffe geht in das Secret derselben, in die Galle über und kommt dadurch für die Lehre von der Verdauung in Betracht. Ein anderer nicht unbedeutenderer Theil (Zucker) geht aus den Leberzellen in das Blut zurück, von woher jene das Material zur Bildung ihrer specifischen Producte bezogen. Zweifelsohne ist dasselbe bei allen Drüsen der Fall, aber nur bei der Leber sind diese beiden Betheiligungsarten an den Stoffvorgängen schon näher erforscht.

Die Galle.

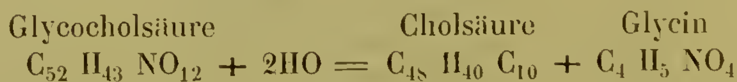
Die Galle ist normal vollkommen flüssig, ohne geformte Beimengungen. Nur als zufällige Bestandtheile findet man abgestossene Cylinderzellen der weiteren Gallengänge, hie und da auch Pflasterzellen aus den Gallengangcapillaren.

In der Galle die man bei Sectionen gewinnt, zeigen sich hie und da grössere und kleinere Fetttröpfchen und Farbstoffkörnchen, in seltenen Fällen findet sich der Gallefarbstoff in röthlichen Nadeln ausgeschieden.

Die frische Galle reagirt auf Pflanzenpapier neutral oder schwach alkalisch (v. Gorup-Besanez). Letztere Reaction ertheilte ihr erst die ziemlich reichliche Beimischung von Schleim, das Absonderungsproduct der in den Ausführungshohlräumen beschriebenen Schleimdrüsen. Die stetig abfliessende Galle ist dünnflüssig, bei Behinderung des Abflusses wird sie dickflüssiger und stark mucinhaltig. Ihr specifisches Gewicht schwankt zwischen 1026—1032. Ihre Farbe ist in der Gallenblase gelb, grün, braun, bis schwarzbraun. An der Luft färbt sich gelbe Galle stets grün, die Galle der Vögel und Pflanzenfresser hat diese Farbe schon während des Lebens in der Gallenblase. Die Galle mit concentrirter Schwefelsäure gemischt fluorescirt. Im durchfallenden Lichte zeigen diese Lösungen eine dunkelrothe, im auffallenden Licht eine schön saftgrüne Farbe.

In der wässerigen Flüssigkeit der Galle sind Stoffe gelöst, welche dieses Secret vor allen anderen charakterisiren, es sind dieses die Gallensäuren: die stickstoffhaltige Glycocholsäure und die Taurocholsäure, die ausser Stickstoff auch noch Schwefel in ihrer Zusammensetzung besitzt.

Beide Säuren sind gepaarte Verbindungen ein und desselben chemischen Stoffes der Cholsäure, die selbst stickstofflos ist: $C_{48}\ H_{40}\ O_{10}$. Der Stickstoffgehalt der Glycocholsäure, die in der Menschengalle nur in sehr geringer Menge vorkommt, hat seinen Grund darin, dass in dieser Säure die Cholsäure mit dem stickstoffhaltigen Glycin: $C_4\ H_5\ NO_4$ pepaart ist:



Glycocholsäure — Cholsäure — Glycin

$$C_{52}\ H_{43}\ NO_{12} + 2HO = C_{48}\ H_{40}\ C_{10} + C_4\ H_5\ NO_4$$

Paart sich mit der Cholsäure das stickstoff- und schwefelhaltige Taurin: $C_4\ H_7\ NO_6\ S_2$ unter Aufnahme von 2 Atomen Wasser, so entsteht die zweite gepaarte Säure, die Taurocholsäure: $C_{52}\ H_{45}\ NO_{14}\ S_2 + 2HO$.

Die Namen für die beiden Gallensäuren sind, wie man erkennt, gut mnemotechnisch gewählt, sodass sie sogleich die Zusammensetzung klar machen.

Das Glycin (Syn. Glycocoll oder Leimzucker seines süssen Geschmacks wegen) kommt nicht nur in der Galle an Cholsäure gebunden vor. Gepaart mit Benzoësäure findet man es im Blute und Harne als Hippursäure. Es ist ein Zersetzungsproduct des leimgebenden Gewebes und des Eiweisses. Es ist künstlich (aus Monochloressigsäure) dargestellt worden.

Durch Erhitzen der Cholsäure bei 200° C. bildet sich sowie durch Kochen mit Säuren des Dyslysin: $C_{48}\ H_{36}\ O_6$.

Der chemische Nachweis der Gallensäuren stützt sich nach v. Pettenkofer auf die blutrothe Färbung, die bei Behandlung der Cholsäure mit etwas Zucker und concentrirter Schwefelsäure ohne weitere Erwärmung eintritt: Pettenkofer'sche Gallenreaction.

Die Gallensäuren sind in der Galle an Natron gebunden, vielleicht theilweise auch an Kali, sodass sie als seifenartige Verbindungen erscheinen.

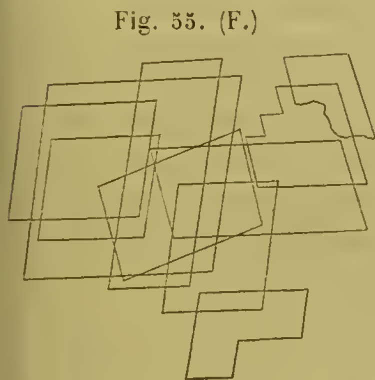
Die Gallensäuren verleihen der Galle den sprüchwörtlichen, bitteren Geschmack.

Die Farbe der Galle rührt von dem Gallefarbstoff her, welcher in ihr enthalten ist, dem Bilirubin das durch oxydirende Einwirkungen in Bilifuscin und Bilverdin übergehen kann. Schon der Sauerstoff der Luft genügt zur Ueberführung, braune Galle wird grün an der Luft.

Auch den Gallefarbstoff kann man als Mittel des Nachweises von Galle in Flüssigkeiten z. B. bei Gelbsucht (Icterus) im Harne anwenden. Mit rauchender Salpetersäure versetzt, verwandelt sich an der Grenze, wo sich die gallefarbstoffhaltige Flüssigkeit und die Salpetersäure berühren, die gelbe Farbe (das Bilirubin oder Haematoidin) zuerst in grün (Biliverdin) dann in Blau, Violett, Rubinroth und endlich in ein schmuziges Gelb, es zeigen sich die Regenbogenfarben: Gmelin'sche Probe. Der Gallefarbstoff stammt von dem Blutfarbstoff her, dessen Umwandlungsproduct er ist. Das Bilirubin ist mit dem Haematoidin einem sicheren Zersetzungsproducte des Haemoglobins identisch.

Ausserdem finden sich in der Galle auch normal geringe Mengen von Fett theils als solches, theils mit den reichlich in der Galle sich findenden Alkalien verseift. Auch ein fettähnlicher, durch seine charakteristische Krystallform ausgezeichneter Körper: Cholesterin (Fig. 55.), das sich auch in der Nervenmasse vorfindet sowie im Blute und als Zersetzungsproduct in alten Cysten und degenerirenden Organen; es ist stickstofffrei: $C_{52}\ H_{44}\ O_2 + 2\ HO$. In der Galle wird es durch die Salze der Gallensäuren in Lösung gehalten, manchmal bildet er Concretionen: Gallensteine.

Fig. 55. (F.)



Krystalle des Cholestearin.

Die Galle der verschiedenen Thiere ist verschieden zusammengesetzt. In den Gallensäuren kann die Cholsäure durch ähnliche Säuren ersetzt werden beim Schwein, der Gans: Hyocholsäure und Chenocholsäure. In der Menschengalle wiegt das taurocholsaure Natron vor, sodass sie einen reichen Schwefelgehalt erkennen lässt, der sich in den Aschen der Galle als Schwefelsäure findet.

Die quantitative Zusammensetzung der Galle mögen zwei Analysen von Gorup-Besanez veranschaulichen, welche möglichst normalen Verhältnissen entsprechen:

Menschengalle in 1000 Theilen:

	49jähr. Mann enthauptet	29jähr. Weib enthauptet
Wasser	827,7	898,1
feste Stoffe	177,3	101,9
gallensaure Alkalien	107,9	56,5
Fett und Cholesterin	47,3	30,9
Schleim mit Farbstoff	22,1	14,5
anorganische Salze	10,8	6,3

Eine sorgfältig und genau ausgeführte vollkommene Aschenanalyse der Galle des Menschen ist nicht vorhanden. Doch kann uns hier die Analyse der Ochsengalle (Rose) als Beispiel dienen; der Schwefelsäuregehalt ist in Folge der Bestimmungsmethode etwas zu gering.

In 1000 Theilen Asche von Ochsengalle sind enthalten:

Chlornatrium	277,0
Kali	48,0
Natron	367,3
Kalk	14,3
Magnesia	5,3
Eisenoxyd	2,3
Manganoxyduloxyd	1,2
Phosphorsäure	104,5
Schwefelsäure	63,9
Kohlensäure	112,6
Kieselsäure	3,6

Den Schwefelgehalt der Ochsengalle fand Bensch zu:

3,58%

Die Aschenanalyse zeigt das quantitative Ueberwiegen der Natronsalze über die Kalisalze deutlich, welch' letztere etwa nur $^1/_6$ der ersteren betragen. Dieses Verhältniss ist um so bemerkenswerther, da es in der Leberasche gerade umgekehrt ist. Von den Säuren müssen Schwefelsäure und Kohlensäure, als erst durch die Verbrennung gebildet, erstere ganz, letztere wenigstens ihrer Hauptmasse nach abgerechnet werden. Weiter erkennen wir den hervorleuchtenden hohen Gehalt an freien Alkalien (Natron), die in der frischen Galle mit den Gallensäuren vereinigt waren.

Die Galleabsonderung.

Die Absonderung der Galle ist eine stetige, sie geschieht unter einem sehr geringen Druck. Nerveneinfluss ist in directer Weise auf sie nicht nachgewiesen. Der Vagus hat in dieser Beziehung einige indirecte Bedeutung, indem er momentan die Ausscheidungsgrösse auf mechanischem Wege verändert dadurch,

dass er die Athembewegungen insgesammt, also auch die Bewegungen des Zwerchfells beeinflusst. Durch den Druck, welchen das bei Einathmung herabsteigende Zwerchfell auf die Baucheingeweide mit der Leber ausübt, wird das Secret derselben mechanisch ausgedrückt (Heidenhain). Der nach der Nahrungsaufnahme gesteigerte Druck in der Bauchhöhle, welcher von der Anfüllung des Magens und des Darms herrührt, hat sonach zweifelsohne ebenfalls einen Einfluss auf die mechanische Entleerung der Gallengänge. Active in der Leber selbst gelegene Auspressvorrichtungen, Muskeln, wie wir sie an anderen Drüsen (z. B. Magendrüsen) deutlich gefunden, lassen sich hier nicht nachweisen. Abgesehen von dem angeführten äusseren Druck können wir als Entleerungsmoment nur das »Nachrücken« der fort und fort in den Leberzellen sich bildenden Galle, welche die schon in den Ausführungsgängen angehäufte vor sich herschiebt, anführen. In der Gallenblase sammelt sich die secernirte Galle, wird da durch Wasserresorption etwas concentrirt und während der Dünndarmverdauung in grösseren Mengen in den Darmcanal ergossen, wohin sie sonst wohl stetig in kleinen Mengen abfliesst.

Die Gallenbildung.

Wenn die Galle auch stetig gebildet wird, so schwankt die Gallenmenge doch in der Zeit sehr bedeutend. Bei keinem anderen Secret des Organismus ist so sicher erwiesen, dass diese Schwankungen der Absonderungsgrösse ihren Grund in den von der Nahrungsaufnahme abhängigen Schwankungen der physiologischen Körperzustände haben: die Nahrungszufuhr steigert die Gallenabsonderung.

Das aus dem Darmcanal kommende Blut der Pfortader vor allem führt der Leber das Material der Gallenbildung zu und die Leberzellen scheinen um so thätiger zu werden, je grösser die überflüssige Stoffmenge ist, welche ihnen auf diesem Wege zukommt. Doch ergeben die neueren Versuche, dass die Gallenbildung auch ohne die Pfortader (nach langsamer Unterbindung derselben) vor sich gehen kann (Oré), und dass auch von den Arterien aus Material an die Leberzellen abgegeben wird (Kühne und Chrzonszczewsky).

Nur ein Theil der Gallenstoffe stammt dabei direct aus dem Blute: das Cholesterin und die unorganischen Salze sind hier vor allem zu nennen: die Gallensäuren und der Gallenfarbstoff sind erst Umwandlungsproducte des rohen Stoffmaterials, das die Zellen aus dem Blute in sich aufnehmen, wozu die ungemeine Langsamkeit des Blutstromes in der Leber reichlich Gelegenheit bietet. Das Pfortaderblut, welches mit Ausnahme des Rectums vom ganzen Darm her der Leber mit den bei der Verdauung resorbirten Stoffen beladenes Blut zuführt, verändert in der Leber seine chemische Zusammensetzung nicht unbedeutend. Es scheint constant während der Verdauung, wenn das Pfortaderblut ziemlich viel Fett enthält, Fett in der Leber zurückgehalten zu werden, wenigstens zeigt sich das Lebervenenblut zu Anfang der Darmresorption noch fettarm. Das Lebervenenblut soll nicht gerinnen, während das Pfortaderblut gerinnt. Das Lebervenenblut ist weit weniger reich an Wasser (der Unterschied beträgt 10%) und soll viel weniger (34% Differenz) Salze enthalten.

(LEHMANN). Da das Pfortaderblut auch aus der Milzvene stammt, so ist es sehr reich an weissen Blutkörperchen. Das Lebervenenblut soll 3mal mehr rothe Blutkörperchen enthalten als das Pfortaderblut. Die meisten rothen Körperchen aus der Lebervene sollen aber mehr sphärisch und sehr resistent gegen Wasser sein: jugendliche Blutkörperchen (FUNKE).

Die Unterschiede des Arterienblutes vom venösen der Leber sind noch weniger sicher bekannt als vorstehende, die auch einer Bestätigung dringend bedürfen. Die Arterien der Läppchen speisen einen sehr beträchtlichen Theil der Zellen derselben. Nach KÜHNE und CHRZONSZCZEWSKY kann jedes Leberläppchen geschieden werden in zwei Territorien secretorischer Elemente, von denen das centrale durch die Pfortader gespeist wird.

Es ist sehr wahrscheinlich, dass wenigstens ein Theil des Bildungsmaterials für die Gallensäuren Eiweissstoffe sind. Man hat früher angenommen, dass die Cholsäure, welche in ihrem chemischen Verhalten namentlich in ihren Zersetzungsproducten durch Salpetersäure Aehnlichkeit mit der Oelsäure zeigt, aus Fett, welches die Pfortader in reichlicher Menge der Leber zuführt, und in dieser zurückgehalten zu werden scheint, entstanden sei. Man brachte als Beweis dafür auch die Anhäufung von Fett in den Leberzellen bei, welches man sich aus dem Blut in dieselben als Bildungsmaterial abgelagert dachte.

Wir wissen aus den chemischen Zellvorgängen, dass der Organismus anstatt des Fettes überall auch Eiweiss, welches durch seine primäre Spaltung Fett liefert, verwenden kann. Wir sahen es z. B. beinahe zur Gewissheit erhoben, dass die Fettmenge, die wir in den Zellen der Milchdrüse so reichlich vorfinden, aus Eiweissstoffen in den Zellen entstanden, nicht aus dem Blute in die Zellen abgelagert ist. So ist es höchst wahrscheinlich auch mit den Fetttröpfchen in den Leberzellen. Wir widersetzen uns also der Annahme, dass die Cholsäure aus Fett entsteht, nicht, wir behaupten nur, dass dieses zu ihrer Bildung dienende Fett in den Leberzellen aus Eiweiss abgespalten wurde.

Ebenso entstehen höchstwahrscheinlich die Paarlinge der Cholsäure: das Glycin und das Taurin aus Eiweissstoffen. Wir haben in ihnen stickstoffhaltige Spaltungsproducte der Albuminate vor uns, das Taurin enthält sogar noch den Schwefel des Eiweisses.

Das Vorkommen von fetthaltigen Lebern bei säugenden, fetthaltige Milch geniessenden Thieren (GLUGE, KÖLLIKER) beweist noch Nichts für die Einführung des Fettes von aussen in die Leberzellen. Da der Fettgehalt der Leber in noch höherem Maasse durch Zuckergenuss gesteigert werden kann nach TSCHERINOFF, so scheinen wir es hier mit Fettbildung in diesem Organ ebenso zu thun zu haben, wie bei der Mästung überhaupt, wo die Fettbildung aus Eiweiss auch sehr wahrscheinlich ist. Auch der Fettgehalt der Milchzellen und Leberzellen nach Fleischnahrung spricht dafür.

Einfluss der Nahrung auf die Leberthätigkeit.

Ein Hauptbeweisgrund dafür, dass die Eiweissstoffe das Material zu der Gallenbildung liefern, ergiebt sich aus den schönen Bestimmungen von Kölliker, H. Müller und Voit an Hunden. Es wurden die absoluten Gallenmengen, die während 24 Stunden gebildet wurden, aus künstlichen Gallenfisteln entleert und bestimmt. Es zeigte sich hierbei, dass die Gallenabsonderung steigt von der Zeit der reichlichsten Verdauung der Eiweissstoffe an, also von der dritten bis achten Stunde nach der Nahrungsaufnahme, von da an sinkt die Absonderungsgrösse wieder stetig, rascher nach geringer Nahrungsaufnahme als nach bedeutender. Bernard verlegt das Maximum der Galleabsonderung in die 7. Stunde nach der Nahrungsaufnahme. Nach Arnold und Voit steigt die Galleabsonderung sogleich nach der Nahrungszufuhr.

Dabei ergeben die Versuche, dass die Gallenmenge wächst mit der procentischen Menge von Eiweissstoffen, welche in der Nahrung gegeben werden, während Fett allein sie nicht nur nicht steigert, sondern vermindert, wie es ja überhaupt den Eiweissumsatz im Organismus herabsetzt. Die grössten Gallenmengen werden im Tage abgesondert bei sehr gesteigerter Fleischaufnahme neben wenig oder keinem anderen Nahrungsstoffe; am wenigsten Galle liefert eine Nahrung mit viel Fett und sehr wenig Eiweissstoffen.

Aus der Menge der flüssigen Galle, welche aufgefangen wird, lässt sich noch kein Schluss auf die Gallenbildung selbst machen, da ja der Gehalt der Galle an festen Stoffen sehr schwankend ist, erst die Bestimmung der festen, trockenen Galle giebt genaue Resultate. Durch Wassertrinken kann die flüssige Gallenmenge etwa für eine Stunde sehr bedeutend gesteigert werden, ohne dass darum die Menge der abgesonderten festen Galle proportional stiege.

Ueber die Menge der vom Menschen durchschnittlich gelieferten Galle sind keine sicheren Bestimmungen bisher möglich gewesen. Man schätzt sie auf etwa 1000—1800 Grammen in 24 Stunden nach den Bestimmungen an Katzen und Hunden unter Berücksichtigung des verschiedenen Körpergewichtes. Besonders die beobachteten bedeutenden Verschiedenheiten der Absonderungsgrösse der Galle bei verschiedenen Thierarten nehmen dieser Rechnung ziemlich ihren Werth, sie kann nur als erste Approximativschätzung gelten. Je nach den verschiedenen Körperzuständen, welche ja Blutveränderungen setzen, die denen durch Nahrungsaufnahme ganz gleich sind, wird die abgesonderte Menge der Gallenstoffe ebenfalls bei ein und demselben Individuum sehr bedeutend verschieden sein können. Je eiweissreicher ein Organismus ist, desto grösser wird seine tägliche Gallenabscheidung sein. Damit mag es zusammenhängen, dass die Galle, welche man aus gesunden weiblichen Leichen untersuchte, procentisch wasserreicher war als die aus gesunden männlichen. Das Alter der Individuums wird sich entsprechend dem grösseren Wasserreichthum, welchen die Organe in der früheren Jugend und im hohen Alter wie im Allgemeinen bei dem weiblichen Geschlechte zeigen, nach derselben Richtung geltend machen.

Die zuckerbildende Thätigkeit der Leber geht mit der gallebildenden nicht Hand in Hand, sodass es wahrscheinlich verschiedene Vorgänge sind,

welche diese beiden Hauptproducte der Leber liefern. Bei niederen Thieren sind es sogar verschiedene Organe, welche Zucker und Galle liefern (bei Limax flava, Bernard). Die Galleabsonderung steigt vom Moment der Nahrungsaufnahme an, die grösste Steigerung findet aber erst 5—7 Stunden später statt. Die Glycogenbildung steigert sich dagegen nach Aufnahme der Nahrung und sinkt zu der Zeit des Maximums der Gallenabsonderung (Bernard).

Der Nutzen der Galle für die Verdauung.

Er ist ein sehr bedeutender, da das Fett, dessen Aufsaugung durch sie vor allem ermöglicht wird, einen so hohen Rang unter den Nahrungsstoffen einnimmt.

Die Einwirkung der Galle auf das Fett ist von den Wirkungen der anderen Verdauungssäfte auf die Nahrungsstoffe, deren Aufnahme in die Säftemasse sie ermöglichen, wesentlich verschieden. Während wir sonst in einer chemischen Umwandlung der Stoffe — Stärke in Zucker, Eiweiss in Pepton — die Verdauung bestehen sehen, hat die Galle auf die neutralen Fette keine chemische Einwirkung. Fettsäuren vermag sie zwar zu lösen, indem sie dieselben an ihre Alkalien bindet und verseift, aber diese Fähigkeit kommt nur in geringerer Weise zur Wirkung, da nur verhältnissmässig wenig Fettsäuren hervorgehend aus der Fettzerlegung durch den Bauchspeichel, im Darm vorhanden sind.

Wie der Bauchspeichel und der Darmsaft hat auch die Galle die Fähigkeit zur staubförmig feinen Vertheilung der Fette, aber in geringerem Grade als die genannten Secrete.

Die wichtigste Eigenschaft der Galle für die Fettverdauung besteht darin, dass sie sich mit Fett sowohl als mit Wasser zu mischen vermag. Dadurch, dass sie in den Darm ergossen, in die Schleimhaut eingesaugt wird, und die feinen, capillaren Oeffnungen der Darmzotten erfüllt, bahnt sie den Weg für den Fetteintritt. So lange die Zellenmolecularöffnungen nur mit Wasser oder mit einer wässerigen Lösung durchtränkt werden, wie es ja sonst alle thierischen Gewebe sind, so lange kann Fett sich nicht in sie einsaugen, da es sich nicht mit Wasser zu mischen vermag. Erfüllt aber an Stelle des Wassers eine Gallenlösung die genannten Molecularöffnungen, so kann das Fett, indem es sich mit Galle mischt, eindringen.

Es ist sonach die Wirkung der Galle auf das Fett, die bei der Lehre von der Resorption noch näher besprochen wird, eine vorwiegend mechanische. Auch für die Eiweissverdauung hat die Galle einen indirecten Nutzen.

Die Galle hat die Eigenschaft, Lösungen von Eiweissstoffen in sehr verdünnter Salzsäure: Syntonin oder Parapepton so wie die eigentlichen Peptone und das Pepsin zu fällen (Bernard). Es schlägt die Eiweissstoffe an die Darmwand nieder, die hier angeklebt den verdauenden Einwirkungen der anderen Darmsecrete: Bauchspeichel und Darmschleim, für längere Zeit ausgesetzt bleiben, sodass sie besser verdaut, ausgenützt werden können. In schwachen Alkalien löst sich der Niederschlag durch die Galle wieder auf.

Da das Pepsin durch eine Spur Galle schon niedergeschlagen wird, so

wird durch Eintritt von Galle in den Magen die Verdauung dort für längere Zeit ganz unterbrochen.

Es wird angegeben (Nasse für die Schweinegalle), dass die Galle auch aus Stärke Zucker bilden könne. Es sind darüber die Acten noch nicht geschlossen. Die meisten Gallearten, auch die des Menschen, scheinen diese Eigenschaft sicher nicht zu besitzen.

Es wird nur ein sehr kleiner Theil der Galle mit dem Koth ausgeschieden, während eine so bedeutende Menge in den Darm gelangt, die Galle wird also im Darme zum grössten Theil wieder resorbirt.

Die geringe Gallenmenge verhindert im Kothe die faulige Zersetzung, sodass im Darme, wo sich alle Bedingungen der Fäulniss vorfinden, letztere doch nicht eintritt. Diese zersetzungswidrige Wirkung zeigen die Gallensalze überall. In das Blut aufgenommen (bei Icterus), stören sie namentlich in den Muskeln die normalen Zersetzungsvorgänge, auf denen die mechanischen Leistungen der Organe beruhen. Die Bewegungen des Herzens sind es zuerst, die unter dieser Gallenwirkung leiden, sie werden verlangsamt (Roehrig).

Verdauung im Dickdarm.

Unter der Einwirkung der verschiedenen beschriebenen Secrete legt der sich immer mehr verändernde Speisebrei seinen Weg durch den Dünndarm zurück und gelangt in den Dickdarm.

Man hat das Coecum seiner Gestalt nach als einen zweiten Magen betrachtet und so wie jenen als ein Centralorgan der Verdauung. Da man den Inhalt des Coecum's häufig sauer reagirend findet, so schien auch eine sauere Absonderungsflüssigkeit der Coecumschleimhaut die Analogie noch zu unterstützen. Es ist jetzt mit aller Sicherheit erwiesen, dass das Secret der Coecumschleimhaut alkalisch reagirt und sich von dem Secrete der sonstigen Darmschleimhaut nicht unterscheidet. Die saure Reaction im Coecuminhalte hat ihre Ursache in einer sauren Gährung, welcher vegetabilische Stoffe an dieser Stelle im Darme unterliegen. Die Säure tritt hier demnach im Coecum auch nur bei vegetabilischer Nahrung hervor.

Beim Menschen gelangen in den Dickdarm noch unverdaute Reste aller aufgenommenen Nahrungsstoffe, man findet in seinem Inhalt noch unveränderte Eiweissstoffe, Fette, Stärkemehl etc. Der abgesonderte Darmsaft wird auch hier noch fort und fort auflösend wirken, da er auch an diesen Darmstellen noch die oben beschriebenen verdauenden Einwirkungen: Peptonbildung und Zuckerbildung aus Eiweissstoffen und Stärke besitzt. Stets finden sich hier Buttersäure und Milchsäure als Zersetzungsproducte des Zuckers.

Die Aufsaugung im Dickdarm ist eine noch sehr lebhafte, wofür auch der Reichthum an geschlossenen Follikeln besonders im Wurmfortsatze des Coecum's spricht; der Wasserverlust des Speisebreies, der ihn zum Koth umwandelt, geht hier vor sich. Der Versuch, bei sonst behinderter Nahrungsaufnahme eine Ernährung durch Klystiere zu ermöglichen, ist vollkommen gerechtfertigt. Es scheinen die geringen Erfolge dieser Ernährungsweise weniger dafür zu sprechen, dass die Aufsaugung im Dickdarm nur gering sei, als vielmehr dafür, dass die Klystiere bisher meist nach unrichtigen Ernährungsgesichtspuncten

chemisch gemischt worden sind. Die Quantität von Darmsaft, die im Dickdarme abgesondert wird, ist nur sehr gering. Er stammt aus denselben Drüsen, die wir auch im Dünndarm den Saft liefern sahen: aus LIEBERKÜHN'schen Drüsen. Aus Dickdarmfisteln fliesst kein Saft aus; in abgebundenen Dickdarmschlingen sammelt sich eine schleimige Masse an. Zu den Abbindungsversuchen eignet sich der wurmförmige Anhang des Blinddarms bei Kaninchen sehr gut, da bei ihnen dieses Organ eine bedeutende Länge erreicht. FUNKE gewann 2—4 Stunden nach der Abbindung einen Saft, der den wurmförmigen Anhang strotzend füllte, von trüber Beschaffenheit und alkalischer Reaction. Die Zusammensetzung des filtrirten Saftes war:

Wasser	98,59 %
feste Stoffe	1,41 ,,
davon Asche	0,47 ,,

Der Saft veränderte geronnenes Eiweiss weder innerhalb noch ausserhalb des Körpers. Der filtrirte Saft verwandelte Stärke in Zucker. Der unfiltrirte Saft, welcher noch abgestossene Cylinderzellen und Pflanzenreste aus der Nahrung enthielt, setzte den entstandenen Zucker noch weiter in Milchsäure und Buttersäure um, durch Gährung, wie sie auch im lebenden Wurmfortsatze erfolgte, wenn er mit Stärke gefüllt wurde.

Der Koth.

Von seinem Eintritt in das Coecum an verwandelt sich der Darminhalt nach und nach in den Koth, den wir im Rectum fertig gebildet finden.

Der Rest des Speisebreies verliert an Wasser, die Farbe — von den veränderten Gallefarbstoffen herrührend, die hier die Salpetersäurereaction nicht mehr geben — wird bräunlich, immer dunkler, der eigenthümliche, widerliche Kothgeruch, je nach der Nahrungsweise verschieden, tritt hervor. Die Reaction wird durch die, wie oben erwähnt, durch Gährung gebildeten Säuren: Buttersäure und Essigsäure, fast immer sauer; flüchtige Fettsäuren sind es vor allem, welche den Kothgeruch erzeugen.

Der Koth wird gewöhnlich als der unverdauliche Nahrungsrest aufgefasst. Das Mikroskop und die Chemie weisen leicht nach, dass in ihm neben den unverdaulichen auch noch unverdaute, an sich verdauliche Stoffe vorhanden sind. Das mikroskopische Bild, welches Menschenkoth nach verschiedener gemischter Kost zeigt, ist sehr mannichfaltig: gelbgefärbte, zerstückelte Muskelbündelchen, Bindegewebe, elastische Fasern, Käsestückchen, Stückchen von hartem Eiweiss: Pflanzenreste: Spiralfasern, Zellen mit Chlorophyll, Stärkekörnchen etc., dazwischen Nadeln von Fettsäuren, manchmal die charakteristischen Tafeln der Cholesterinkrystalle.

Bei krankhaften Darmzuständen wird der entleerte — meist flüssige — Koth hier und da alkalisch oder neutral gefunden. Das Mikroskop zeigt fast immer die Krystalle der phosphorsauren Ammoniak-Magnesia. In flüssigem Kothe finden sich auch mehr oder weniger zerstörte Cylinderzellen.

Schon die letzteren Elemente zeigen, dass der Koth nicht allein aus Nahrungsresten besteht, sondern dass ihm auch vom Darme aus noch Stoffe zu-

gemischt werden. Ausser den abgestossenen Epithelzellen mit ihrem Inhalt haben wir in ihm auch die Ueberbleibsel der in den Darm ergossenen Verdauungssäfte (Meconium), welche zwar zum grössten Theil aber nicht vollständig wieder resorbirt werden. Schleim fehlt im Kothe niemals. Ausser den veränderten Gallenfarbstoffen findet sich im normalen Koth immer auch noch ein Theil der Gallensäuren theils unverändert, theils zersetzt vor. Die Taurocholsäure unterliegt der Spaltung, als deren Producte freie Cholsäure und deren Umsetzproducte Choloidinsäure und Dyslysin entstehen.

Wenn der Eintritt der Galle in den Darm behindert ist (Icterus), so werden grauliche, harte Massen als Koth entleert, die einen fauligen Geruch verbreiten. Erst mit dem Freiwerden des Gallenabflusses färbt sich der Koth wieder normal und nimmt den normalen Geruch wieder an, indem die Gallensäuren sich dem Eintritt der Fäulniss im Darme widersetzen. Marcet fand im Menschenkoth einen Stoff, den er Excretin nennt und dem er die Formel C_{78} H_{78} SO_2 ertheilt. Er ist nur in Alkohol und Aether löslich und ist durch Fäulniss nicht zerstörbar.

Die chemische Zusammensetzung des Menschenkothes ist natürlich je nach der Nahrung sehr verschieden. Nach sehr bedeutender Fleischkost fand ich ihn fast genau von der Zusammensetzung des Fleisches, das Mikroskop zeigte nur unverdaute Fleischfasern, theils wohl erhalten, theils in den nische verschiedensten Formen der Maceration und des Zerfalls. Wenige krystalli-Nadeln von Fettsäuren (?) waren eingemischt.

Vergleichen wir die Zusammensetzung des Fleisches mit dem Fleischkothe, so zeigt sich die nahe Uebereinstimmung deutlich:

	Fleisch: (Voit und Bischoff)	Fleischkoth vom Menschen: (Ranke)
C	51,95	54,7
N	14,11	12,2
H	7,18	—
O	21,37	—
Salze	5,39	11,9

Die Uebereinstimmung wird noch deutlicher, wenn man bedenkt, dass mit dem Fleische 4% Fett genossen wurden, daher rührt die etwas höhere Kohlenstoff- und etwas niedrigere Stickstoffzahl. Im aschefreien Fleische beträgt der Stickstoffgehalt 14,9 %, im aschefreien Fleischkothe 13,9 %. Der Kohlenstoff in letzterem 62,1 %.

Bei einer Nahrung von:

250	Gramm	Fleisch	= 15,22 Gramm N und 228,7 Gramm C
400	„	Brod	
70	„	Stärke	
70	„	Eierciweiss	
70	„	Schmalz	
30	„	Butter	
10	„	Salz	
2100	CC	Wasser	

zeigte der Koth folgende Zusammensetzung:

Wasser	74,07
feste Stoffe	74,07
von letzteren Asche	11,8

Die Elementaranalyse ergab:

C	46,99
N	5,03
H	6,50
O	29,68
Salze	11,80
	100,00.

Als Beispiel der quantitativen chemischen Zusammensetzung mag eine Analyse von BERZELIUS dienen, die an Menschenkoth angestellt wurde:

Wasser	75,3
feste Stoffe	24,7
gallensaure Salze	0,9
Schleim und Gallenharze	14,0
Albumin	0,9
Extractivstoffe	5,7
natürliche Speisereste	7,0
Salze	1,2

Den Salzgehalt des Menschenkothes fand ich sehr gleichbleibend zwischen 11,14 — 12,14% der trockenen Substanz schwankend. Er besteht der Hauptmasse nach aus Magnesia- und Kalksalzen, während die Kali- und Natronsalze zurücktreten.

In 100 Theilen Asche von Menschenkoth fand PORTER:

Chlornatrium	4,33
Kali	6,10
Natron	5,07
Kalk	26,46
Magnesia	10,54
Eisenoxyd	2,50
Phosphorsäure	36,03
Schwefelsäure	3,13
Kohlensäure	5,07

Der Wassergehalt des Kothes beträgt etwa 75%, kann aber durch Zurückhaltung im Darm viel an Wasser verlieren, und bei rascher Entleerung noch weit wasserreicher sein. Täglich werden etwa 30 Gramm feste Stoffe im Kothe abgegeben. Die anorganischen Kothstoffe sind meist unlöslich in Wasser.

In der Nahrung genossene organisch saure Salze erscheinen im Koth in kohlensaure Salze verwandelt wieder.

Die Gase des Darms.

Im ganzen Verdauungscanale finden sich Gase vor. Es unterliegt keinem Zweifel, dass sie zum Theil aus der Luft stammen, die mit dem schäumenden Speichel in den Magen herabgeschluckt wird und so in den Darm gelangen.

Der verschluckte Sauerstoff wird dort zu chemischen Actionen verwandt oder von den Blutcapillaren aufgesaugt, sodass in geringem Maasse eine Darmathmung oder vielmehr Magenathmung auch bei dem Menschen und den höheren Thieren vorkommt, wie sie in grösserem Maassstabe bei dem Schlammpeitzger, Cobitis fossilis, nachgewiesen ist. Der Aufnahme des Sauerstoffes entspricht auch eine Abgabe von Kohlensäure durch die Magen- und Darmcapillaren, wie bei den Blutgefässen der Lungen, sodass in den Gasen des Dickdarmes der Sauerstoff gänzlich verschwunden und Kohlensäure an seine Stelle getreten ist; neben dieser findet sich noch Stickstoff. Einige andere neuerdings in der Darmluft nachgewiesene Gase: namentlich freier Wasserstoff und Kohlenwasserstoffe kommen von den im Dickdarm eintretenden Gährungsvorgängen. Diese Gase werden auch in der Athemluft gefunden und entstammen dort sicher allein der eben genannten Quelle, ohne dass man sie in directen Zusammenhang mit dem Respirationsprocess bringen dürfte.

Planer fand die Darmgase je nach der Nahrung verschieden; bei Hülsenfrüchtenahrung fand sich im Hundedarm sehr viel Wasserstoff, der bei Fleischnahrung fast ganz fehlte.

Dünndarmgase vom Hunde:

	nach 4tägiger Fleischfütterung	nach 4tägiger Hülsenfruchtfütterung
CO_2	28,62 Vol %	47,34 Vol %
H	Spuren	48,69 ,,
N	67,44	3,97 ,,
O	—	—

In Dickdarmgase vom Menschen fand Planer:

CO_2	34,19
C_2H_4	12,88
N	50,20
SH	Spuren.

Die Desinfection der Darmentleerungen.

Die im Organismus entstehenden aus der Verbrennung stammenden Gewebsschlacken zeigen sich fast alle als starke Gifte, die möglichst rasch aus dem Körper: durch Athmung und Harn entfernt werden müssen, um die Lebensvorgänge nicht zu beeinträchtigen oder zu vernichten.

Die Schlacken der Nahrungsstoffe und der Verdauungsgewebe, welche auf dem Wege des Darmes den Körper verlassen, theilen im frischen Zustande diese verderblichen Eigenschaften nicht. Selbst die Darmentleerungen Cholera-

und Typhuskranker bringen frisch keinerlei Gefahr hervor, wie alle bisherigen Erfahrungen an Aerzten und Wärtern sicher ergeben haben.

Dagegen entwickeln sich in den sich zersetzenden Ausleerungen nicht nur der Kranken sondern auch der Gesunden stark wirkende, der Luft sich mittheilende Gifte, welche zu Ansteckung Gesunder, die sich in solcher Luft längere Zeit aufhalten und in ihr leben, führen können. Die Art des Giftes ist noch nicht mit Sicherheit ermittelt. Allem nach scheinen vornehmlich zwei verschiedene Arten davon aufzutreten. Nennen wir sie in Ermangelung näherer Kenntniss: Typhuskeim und Cholerakeim. Das erstere Gift kann aus allen faulenden organischen, besonders thierischen Materien sich bilden. Am häufigsten aber ist seine Entstehung aus sich zersetzenden, in den Boden gesickerten Excrementen, wohin sie aus Aborten und besonders den in manchen Städten üblichen ungemauerten Versitzgruben gelangen. Der berühmte Fall von Griesinger zeigt, dass wir es hier mit einer Wirkung zu thun haben, die unter Umständen des Erdbodens nicht bedarf, um sich geltend zu machen. Bei einem Gastmahle wurde bei 500 Personen durch verdorbenes Fleisch eine Vergiftung, aus der sich Typhus entwickelte, hervorgebracht. Am intensivsten aber scheint die Giftentwickelung aus faulenden Excrementen Typhuskranker zu sein. Das Choleragift, der Cholerakeim wird ausschliesslich aus der Zersetzung der Cholera-Excremente erzeugt.

Diese genannten Krankheitskeime müssen organischer Natur sein: Fermente, Zellen? sie bedürfen zu ihrer Entwickelung gewisser äusserer Umstände.

Was von dem einen Keime gilt, lässt sich ebenso auch auf den anderen anwenden. Wir beschränken uns im Folgenden auf Das, was Griesinger, von Pettenkofer und Wunderlich über den Cholerakeim mitgetheilt haben.

Jedes Gemenge von frischem Harn und Koth nimmt nach wenigen Tagen in Folge von Selbstentmischung eine alkalische Reaction durch Bildung von kohlensaurem Ammoniak an, das man in der Luft der Abtritte durch befeuchtetes Curcumapapier, das sich bräunt, nachweisen kann. Diarrhoische Darmentleerungen reagiren häufig schon im frischen Zustande alkalisch und gerade bei den Cholera-Entleerungen ist diess die Regel. Die Thatsachen weisen nun darauf hin, dass der eingeschleppte Cholerakeim überall um so üppiger gedeiht und wuchert, je ausgedehnter und ergiebiger die Einwirkung des alkalischen Inhalts der Abtrittgruben auf den Boden und die Luft eines Hauses ist. Es liess sich erwarten und die bisherigen Versuche sprechen schlagend dafür, dass das Verhindern des Eintrittes der alkalischen Reaction, oder wo sie bereits eingetreten ist, ihre Neutralisation bis zum deutlichen Auftreten einer sauren Reaction die Entwickelung des Giftes verhindert.

Man kann Dieses mit allen in Wasser löslichen, sauer reagirenden Metallsalzen erreichen, am billigsten mit Eisenvitriol. Manganchlorür, schwefelsaures und Chlorzink leisten dasselbe. Ausser den Metallsalzen kann auch die als Destillationsproduct der Kohle erhaltene rohe Carbolsäure die saure Reaction frischer Excremente erhalten, zur Ansäuerung alkalischer kann sie dagegen nicht dienen. Die präservirende Kraft der Metallsalze kann durch einen äusserst geringen Zusatz von Carbolsäure sehr erhöht werden. Als gasförmiges Desinfectionsmittel dient am besten schwefelige Säure durch Schwefelverbrennung erzeugt.

25 Gramm Eisenvitriol reichen durchschnittlich für eine Person täglich hin, die Excremente sauer zu erhalten. 3—4 Gramm reiner Carbolsäure auf 100 CC Wasser leisten bei schon sauren Excrementen dasselbe.

Zur Reinigung beschmutzter Wäsche, Fussböden etc. dient am besten Zinkvitriol oder Chlorzink, die keine Flecken hinterlassen. Dass die Desinfection zu beginnen hat, wenn man sich volle Wirkung von ihr versprechen will, ehe die Vergiftung der Einwohner eines Hauses oder einer Stadt schon stattgefunden, ist selbstverständlich.

Der physiologisch gebildete Arzt muss an die schädlichen Wirkungen der Darmexcremente bei seiner auf Gesundheitspflege gerichteten Thätigkeit nicht weniger denken, als an andere aus dem Organismus erzeugte Gifte.

Neuntes Capitel.

Die Mechanik der Verdauung; Chylus und Lymphe.

1.

Bewegung der Nahrungsstoffe im Nahrungsschlauch.

Allgemeine Uebersicht.

An die chemischen Veränderungen der Nahrungsstoffe durch die Verdauung schliessen sich eine Reihe mechanischer Vorgänge an, theils dazu bestimmt, die chemischen Actionen zu ermöglichen und zu unterstützen, theils der Erfüllung des eigentlichen Zweckes aller Verdauung vorzustehen: die gelösten Nahrungsstoffe aus dem Darmcanal in die Säftemasse des Organismus überzuführen.

Die Nahrung muss von dem Organismus ergriffen, in der Mundhöhle von den Zähnen verkleinert und, überzogen und gemischt mit Speichel und Mundschleim, durch den eigens dazu vorhandenen Muskelapparat in den Magen hinabgeschluckt werden. Die Bewegungen des verdauenden Magens lassen abwechselungsweise verschiedene Partien der aufgenommenen Nahrung an den Mündungen der Magensaft absondernden Drüsen hin leiten und befördern so die innige gleichmässige Mischung mit diesem wichtigen Secrete. Erst wenn diese eingetreten ist, wenn die Zeit gegeben war für energisch verdauende Wirkungen, wenn aus der Nahrung der Speisebrei geworden ist, öffnet sich der Muskelverschluss des Pförtners und in rhythmischen Stössen wird der Speise-

brei dem Zwölffingerdarm übergeben; aus dem er gemischt und verdünnt mit den dort zufliessenden Säften des Pancreas und der Leber durch wurmförmige Contractionen langsam den langen Windungsweg des Darmes hinabgepresst wird. Auf der ganzen bisher genannten Strecke finden sich die mechanischen Bedingungen verwirklicht, um den in Flüssigkeiten verwandelten Nahrungsstoffen den Durchtritt durch die Darmwand in die Blut- und Lymphresp. Chylus- Gefässe zu gestatten. Ein Schliessapparat regulirt am Ende des Darmes den Austritt der unverdauten Stoffe und entlässt diese endlich willkürlich.

Mechanik der Mundverdauung.

Die Aufnahme der Nahrungsstoffe erfolgt durch das Oeffnen des Mundes, wozu der Unterkiefer herabsinkt. Flüssigkeiten werden meist eingesaugt oder eingeschlürft. Beide letztgenannten Aufnahmsarten beruhen auf einer Luftverdünnung innerhalb der Mundhöhle, die entweder bei möglichst vollkommenem Luftabschluss durch Erweiterung der Mundhöhle erzeugt wird, indem der ganze Mundhöhlenboden sich senkt — Saugen der Säuglinge — oder durch rasches Einziehen eines Luftstromes in ähnlicher Weise wie bei gewissen Gebläsen. Bei dem Saugen werden die möglichen Luftzugänge in der Nasen- und Rachenhöhle durch die vorderen Gaumenbogen und die Zunge abgeschlossen. Die Mundspalte schliesst sich durch festes Anlegen der Lippen um das die Flüssigkeit enthaltende Gefäss z. B. die Brustwarze, die Flaschenmündung etc. Beim gewöhnlichen Trinken verschliessen wir die Mundspalte mit der Flüssigkeit selbst, und erweitern den Brustraum bei vollkommenem Abschluss aller Zugänge zur Mundhöhle. Durch die dadurch entstehende Luftverdünnung in der Mundhöhle wird die Flüssigkeit ebenso angesaugt wie bei mageren Personen die Wangen beim Trinken einsinken.

Die Verkleinerung der festen Speisen wird durch die Kiefer bewirkt, deren Zahnreihen in verschiedener Weise zusammengedrückt und schleifend aneinander bewegt werden können. Zwischen diese Schneide- und Quetschapparate werden die Speisen durch die Musculatur der Lippen, Wangen und Zunge hereingepresst, gehalten und wieder daraus entfernt, um nach inniger Mischung mit Speichel zum Bissen geformt zu werden.

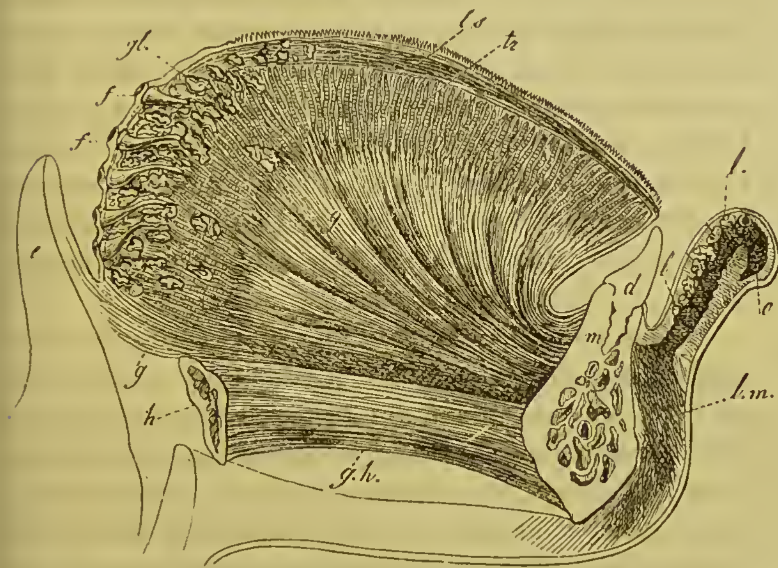
Die Zunge ist von den erwähnten Organen zweifelsohne das wichtigste, da auf ihrer Bewegungsfähigkeit, ermöglicht durch ein wunderbar gewebtes Netz vielfältig getheilter, quergestreifter Muskelfasern, nicht nur diese niedere thierische Function sondern auch die höchste der menschlichsten Muskelthätigkeiten beruht: die Lautbildung, die Sprache.

Ein Theil der Muskelfasern verläuft ausschliesslich in der Zunge, in welcher das dünne, die Zunge in zwei seitliche Hälften spaltende Fasergewebe der Zungenscheidewand — Septum linguae — Ansatzpuncte für sie schafft; auch an die Schleimhaut der Zunge heften sich zahlreiche Muskelfasern mit mikroskopischen Sehnen an. Die grösste Menge der Fasern entspringt aber als anfänglich noch mit dem Messer leichter trennbare Muskeln von Unterkiefer, Zungenbein und Schläfenbein und nur an der Zungenspitze sind sie so innig mit einander verwebt,

dass sie kaum mehr unterschieden werden können. Im Allgemeinen zeigt die Zungenmusculatur drei Verlaufsrichtungen: der Länge nach, quer und senkrecht.

Den inneren Kern der Zungenmuskelmasse bilden nach Kölliker vor allen die beiden Kinnzungenmuseln: Genioglossi und der quere Zungenmuskel: Transversus linguae. Zu beiden Seiten des Septum linguae verläuft in fächerförmiger Ausbreitung der Genioglossus, die Mitte des Organes von der Spitze bis zur Wurzel einnehmend. Seine Bündel (Fig. 56) stehen an ihrem Ursprung am Kinn und in der Mitte des Organes direct an einander an, spalten sich aber dann in viele senkrecht neben einander zur ganzen Oberfläche der Zunge aufsteigende und dort endende Blätter, zwischen die sich die querlaufenden Fasern des Transversus ganz regelmässig einschieben und die überbleibenden Zwischenräume ausfüllen. Auch der Transversus zerfällt, da er jederseits von dem Septum entspringt, in zwei getrennte Hälften; seine oberen kürzesten Bündel wenden sich etwas nach aufwärts, um an den Seitentheilen des Zungenrückens an der Schleimhaut zu enden, die übrigen Fasern inseriren sich an den eigentlichen Zungenseitenrand.

Fig. 56. (*K.*)



Längsschnitt der Zunge des Menschen in natürlicher Grösse, die Umrisse nach Arnold Icon. org. sens: *g. h.* Geniohyoideus, *h.* Zungenbein, *g.* Genioglossus, *g'.* Glossoepiglotticus, *tr.* Transversus linguae, *l. s.* Longitudinalis superior, *e.* Epiglottis, *m.* Maxilla inferior. *d.* Schneidezahn, *o.* Orbicularis oris, *l. m.* Levator menti, *i.* Glandulae labiales, *f.* Folliculi linguales, *gl.* Glandulae linguales cum ductibus.

Die beiden genannten Muskeln werden von dem Hyoglossus, dem Styloglossus, dem Longitudinalis inferior und superior gleichsam eingehüllt.

Der Hyoglossus ahmt in seinem Verlaufe an den Seitentheilen der Zunge den Genioglossus nach. Auch seine Muskelmasse spaltet sich an der Unterfläche des Zungenrandes in querstehende Blätter, die sich aufwärtssteigend zwischen diejenigen Blätter des Transversus einschieben, welche vom Genioglossus nicht eingenommen werden. Das eine Bündel des Styloglossus verläuft am Zungenrande nach unten und einwärts zur Schleimhaut der Zungenspitze; das zweite Bündel desselben Muskels schiebt sich zwischen die anderen Zungenmuskeln durch und endet an der Scheidewand. Zwischen Genioglossus und Hyoglossus an der Unterfläche der Zunge verläuft das Längsbündel des Longitudinalis inferior. Zwischen den obersten Transversus-Fasern und der Schleimhaut findet sich noch eine Längsfaserschichte, welche die ganze Länge und Breite der Zunge einnimmt und von Kölliker als Longitudinalis superior be-

zeichnet wird. Derselbe Forscher fand in der Zungenspitze noch selbständige senkrecht stehende Fasern.

Diese complicirte Verlaufsrichtung wird durch die Entdeckung, dass sich die einzelnen Muskelprimitivbündel an ihren Enden vielfältig theilen, noch verwickelter gemacht. In der Zunge des Frosches sind diese Verzweigungen leicht aufzufinden (Fig. 57). Feinste Ausläufer der Primitivbündel verlaufen bei ihm in den grossen Geschmackswärzchen bis zur Spitze (Waller) und enden dort in Bindegewebskörperchen (Axel Key). Billroth fand dieses Verhalten auch in der Menschenzunge.

Aus der Darstellung (nach Kölliker) ergiebt sich: Die senkrechten Fasern stammen vom Genioglossus in der Mitte jeder Zungenhälfte, an den Seiten von den Longitudinales und dem Hyoglossus, an der Zungenspitze kommen noch die selbständigen senkrechten Fasern des Perpendicularis hinzu. Die genannten Fasern spalten sich alle in senkrecht stehende Blätter, in deren Zwischenräume sich die querlaufenden Fasern vom Transversus und Styloglossus einschieben. Meist unmittelbar unter der Schleimhaut liegen die Längsfasern vom Longitudinalis superior, L. inferior und dem Styloglossus stammend. In gewissem Sinne müssen auch die Ursprungsfasern des Genioglossus, ehe sie sich senkrecht umbiegen, hinzu gerechnet werden.

Fig. 57. (*K.*)



Ein verästeltes Primitivbündel von 0,018‴ aus der Zunge des Frosches, 350mal vergr.

Ehe wir die Betheiligung der Zunge an den Schluckbewegungen näher betrachten, müssen wir die Formveränderungen der Zunge und ihre möglichen Bewegungen vorerst im Allgemeinen etwas zergliedern, ganz abgesehen zu welchem Zwecke diese Bewegungen dienen: ob zum Kosten, Schmecken, Schlucken, Kauen, Sprechen etc. An anderen Stellen wird von den betreffenden speciellen Bewegungen des Organes gehandelt werden müssen.

Da die Zunge mit dem Unterkiefer und dem Zungenbeine durch ihre Muskeln verbunden ist, so muss sie passiv allen Bewegungen dieser Knochen folgen.

Durch die Zusammenziehung der senkrechten Fasern wird die Zunge breit und glatt; die Contraction der Querfasern wird bei erschlafften Längsfasern die Zunge verlängern, bei gleichzeitiger Thätigkeit der Längs- und Querfasern wird aus der Zunge ein fester, rundlicher, dicker Zapfen; Verkürzung wird erzeugt durch die contrahirten Gesammt-Längsfasern.

Die mannigfaltige Anordnung der Zungenmuskeln, ihre Sonderung in einzelne Muskelindividuen, von denen im Allgemeinen ein gleicher Zweck erreicht werden kann, die aber je eine gesonderte Contraction zulassen, macht es anschaulich, wie vielfältig, wechselnd die Formgestaltung und Bewegung der Zunge sein könne. Bei einmal angenommener Gestalt kann die Zungenspitze nach allen Richtungen in der Mundhöhle bewegt werden, wozu nur eine ein-

seitige Contraction ihrer äusseren Längsfasern erforderlich ist. Durch alleinige Zusammenziehung der innersten senkrechten Fasern wird der Zungenrücken zum Löffel ausgehöhlt; der Zungenrücken wird gewölbt durch die Contraction der untersten Querfaserschichten.

Aus den Ansatzverhältnissen wird leicht verständlich, dass die ganze Zunge durch den Hyoglossus nach hinten und unten, durch den Styloglossus und Glossopalatinus nach oben gezogen werden kann. Durch die hintersten Fasern des Genioglossus kann sie etwas nach vorne gezogen werden, wie aus der Abbildung des Faserverlaufes direct hervorgeht.

Alle Muskelfasern erhalten nur von einem Nerven ihre Bewegungsantriebe, vom Hypoglossus, auf dessen normaler Erregbarkeit und Erziehung die Fähigkeit zu den mannigfaltigen Bewegungen basirt, wie sie vor allem bei dem Sprechen von der Zunge gefordert werden.

Bei dem Kauen der Speisen werden von der Zunge und der übrigen Mundhöhlenmusculatur, vorzüglich dem Buccinator verhältnissmässig einfache Dienste verlangt, indem sie den Mundhöhleninhalt nur in der Mundhöhle umher zu bewegen, mit Speichel zu mischen — einspeicheln — und zwischen die Zähne zu bringen haben. Beim Kauen sind vor allem die Kiefer thätig. Durch Anpressen des Unterkiefers senkrecht gegen den Oberkiefer können festere Stoffe zwischen den messerförmigen Schneidezähnreihen und den spitzen Eckzähnen förmlich zerschnitten und zersprengt werden, zerquetscht und zermalmt zwischen den flachen, höckrigen Kronen der Backenzähne.

Die Zähne, Kauen und Schlucken.

Man unterscheidet an jedem Zahne drei verschiedene Theile, die frei über das Zahnfleisch hervorragende Krone, den vom Zahnfleisch bedeckten Hals und die in den Kiefer (Alveole) eingekeilte Wurzel. Im Innern findet sich eine Höhlung, welche in den Wurzelspitzen ausmündet. Diese Höhlung in der festen Zahnmasse wird durch nerven- und gefässreiches Bindegewebe die Pulpa erfüllt, durch feine Canälchen, welche den Zahn durchziehen und in die Zahnhöhle münden, geschieht die Zahnernährung.

Der Zahn wird von dreierlei verschiedenen Geweben zusammengesetzt. Die Wurzel wird vom Cement überzogen, der den Bau der Knochensubstanz zeigt. Die Krone überkleidet der Schmelz, das innere Zahngewebe, welches nirgends offen zu Tage tritt, wird als Zahnbein oder Elfenbein bezeichnet. (Fig. 58).

Die das Zahnbein durchziehenden feinen Canälchen (0,0005—0,0007''' breit) laufen parallel neben einander her senkrecht auf die Begrenzungsfläche der Zahnhöhle, sodass sie auf einem Querschnitt fast überall eine radienförmige Anordnung zeigen. Die Zahnröhrchen haben eine besondere Wand. Die einzelnen Canälchen theilen und verbinden sich, ohne im Allgemeinen ihre Verlaufsrichtung zu ändern, mannigfaltig. Die Grundmasse zwischen den Canälchen ist homogen. Im Allgemeinen lässt sich das Zahnbein als modificirte Knochensubstanz betrachten (Fig. 59).

Die Pulpa dentis, der Zahnkeim besteht aus einem gallertigen Binde-

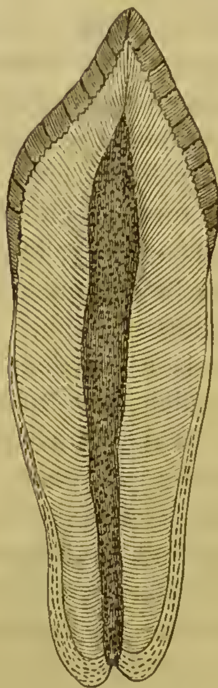
gewebe mit vielen runden oder ovalen kernhaltigen Zellen. Die Zwischensubstanz ist fasrig. Das eintretende arterielle Stämmchen spaltet sich mehrfach, um erst im Zahnkeime in Capillaren zu zerfallen. Die Aussenfläche des Zahnkeimes besetzen cylindrische Zellen mit länglichem Kerne, welche feine, weiche Fortsätze in die Zahncanälchen aussenden, welche letztere ganz ausfüllen: Dentinzellen. (Fig. 60.)

Fig. 59. (*K.*)



Zahncanälchen der Wurzel, 350mal vergr. *a.* Innere Oberfläche des Zahnbeines mit spärlichen Röhren. *b.* Theilungen derselben, *c.* Endigungen mit Schlingen, *d.* körnige Schicht, bestehend aus kleinen Zahnbeinkugeln an der Grenze des Zahnbeines, *e.* Knochenhöhlen, eine mit Zahncanälchen sich verbindend. Vom Menschen.

Fig. 58. (*F.*)



Ein menschl. Schneidezahn mit der Zahnhöhle in der Axe, umgeben von dem Zahnbeine, welches im unteren Theile vom Cement, im oberen vom Schmelz bedeckt wird.

Der Cement beginnt an der Grenze der Schmelzschicht mit dünner Lage und erreicht an der Wurzel seine grösste Dicke. Es finden sich in ihm gewöhnliche ästigverzweigte Knochenzellen, welche sich theils unter einander, theils mit einzelnen Zahncanälchen verbinden.

Der Schmelz oder Email besteht aus langen dicht an einander geketteten meist sechseckigen Fasern oder Säulen, den Schmelzprismen oder Schmelzsäulen, 0,0015—0,002‴ breit, welche die Dicke des Schmelzes senkrecht durchsetzen. Querschliffe erinnern sehr an Querschnitte durch das Linsengewebe des Auges; die durchschnittenen Fasern stellen ein zierliches schachbrettartiges Felderwerk aus vier- oder sechseckigen Felderchen dar.

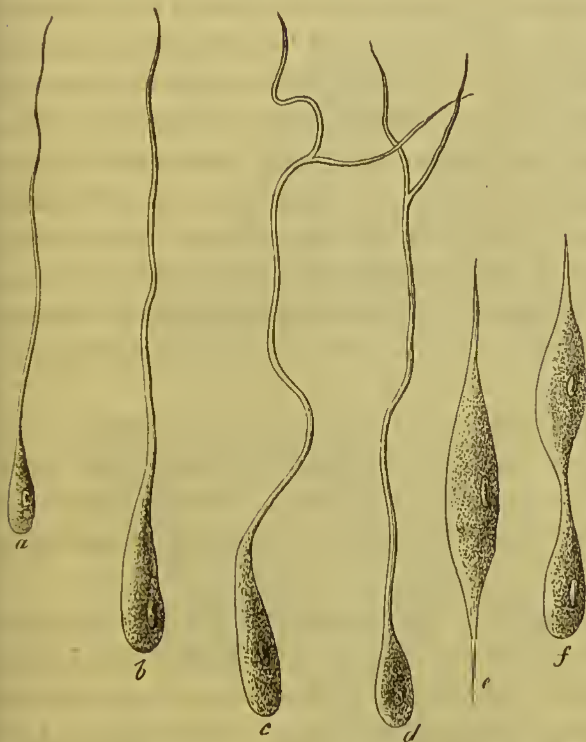
Der Schmelz wird noch von einem sehr harten homogenen Häutchen überzogen und geschützt, dem Schmelzoberhäutchen (Kölliker).

Höhlungen für Ernährungsflüssigkeit bilden im Schmelz nur unregelmässige Spalten, in welche sich einzelne Zahnröhrchen einzusenken scheinen.

In chemischer Beziehung ist das Zahnbein der Knochensubstanz sehr verwandt.

Zahnbein und Cement enthalten dieselben Mineralbestandtheile wie die Knochen eingelagert in eine organische leimgebende Grundmasse. Die Scheide der Zahnröhrchen löst sich weit schwerer als die übrige Zahnsubstanz. Das Zahngewebe ist etwas wasserärmer als das Knochengewebe.

Fig. 60. (*F.*)



Elfenbeinzellen nach LENT. Bei *a* und *b* einfache fadenförmige, zu Zahnröhrchen sich gestaltende Ausläufer; *c. d* getheilte, *e* eine spindelförmige Zelle; *f* eine getheilte (?)

Der Zahnschmelz ist das an anorganischen Stoffen reichste Gewebe des thierischen und menschlichen Körpers. Die organische Grundsubstanz liefert keinen Leim (HOPPE), sondern giebt die Reactionen des Horngewebes. Die organische Substanz des Schmelzoberhäutchens schliesst sich durch grosses Widerstandsvermögen gegen Säuren und Alkalien an das elastische Gewebe an (KÖLLIKER).

Im Schmelz sind bis zu 4 % Fluorcalcium, weit mehr als in den Knochen.

Der Wassergehalt des Zahnbeines beträgt bis zu 10 %.

In Beziehung auf das chemische Verhalten muss im Allgemeinen auf das bei den Knochen zu Sagende verwiesen werden, hier steht nur eine quantitative Analyse (VON BIBRA) eines Backenzahnes eines Erwachsenen.

Es war in 100 Theilen trocken zusammengesetzt

	der Schmelz:	das Zahnbein:
anorganische Substanz . . .	96,41	71,99
organische Substanz	3,59	28,01
organische Grundlage	3,39	27,61
Fett	0,20	0,40
phosphorsaurer Kalk und Fluorcalcium	89,82	66,72
kohlensaurer Kalk	4,37	3,36
kohlensaure Bittererde . . .	1,34	1,08
lösliche Salze	0,88	0,83

In der Zahnpulpe scheint sich Mucin zu finden, da sich ihr Gewebe durch Essigsäure nicht aufhellen lässt (FREY).

Lymphgefässe sind in der Zahnpulpe noch nicht nachgewiesen.

Die Nerven sind sehr entwickelt. In jede Wurzelöffnung dringt ein dickerer Zweig der Nervi dentales und ausserdem noch mehrere feinste Reiserchen (bis zu 5), die im dickeren Theile der Pulpe ein reichliches Netz bilden,

in dem man Nervenröhrentheilungen findet. Nach ROBIN sollen die feinsten Fasern frei endigen. TOMES will von den Fasern der Dentinzellen die grosse Empfindlichkeit des Zahnbeins ableiten.

Die Bewegung des Kiefers geschieht durch eine durch beide Kiefergelenke gelegte horizontale Axe; das Anpressen wird durch den Masseter und Temporalis und Pterigoideus internus, das Oeffnen der Kiefer durch die Wirkung des vorderen Bauchs des Digastricus, Mylohyoideus und Geniohyoideus unterstützt durch die Schwere des Unterkiefers besorgt. Für die Zermalmung müssen die Zahnreihen nach vorne und hinten so wie seitlich unter gleichzeitig erfolgendem Zusammenpressen aneinander verschoben werden. Da nur der Unterkiefer frei beweglich ist, so beruht das Zermalmen natürlich nur auf seiner Bewegung, welche durch die Wirkung des Pterigoideus externus jeder Seite erzeugt wird. Diese Bewegungsfähigkeit wird dem Kiefergelenke durch seinen aus der beschreibenden Anatomie bekannten eigenthümlichen Bau ertheilt. Die Kaumuskeln werden vom Trigeminus, vor allem vom Nervus crotaphytico-buccinatorius, versorgt.

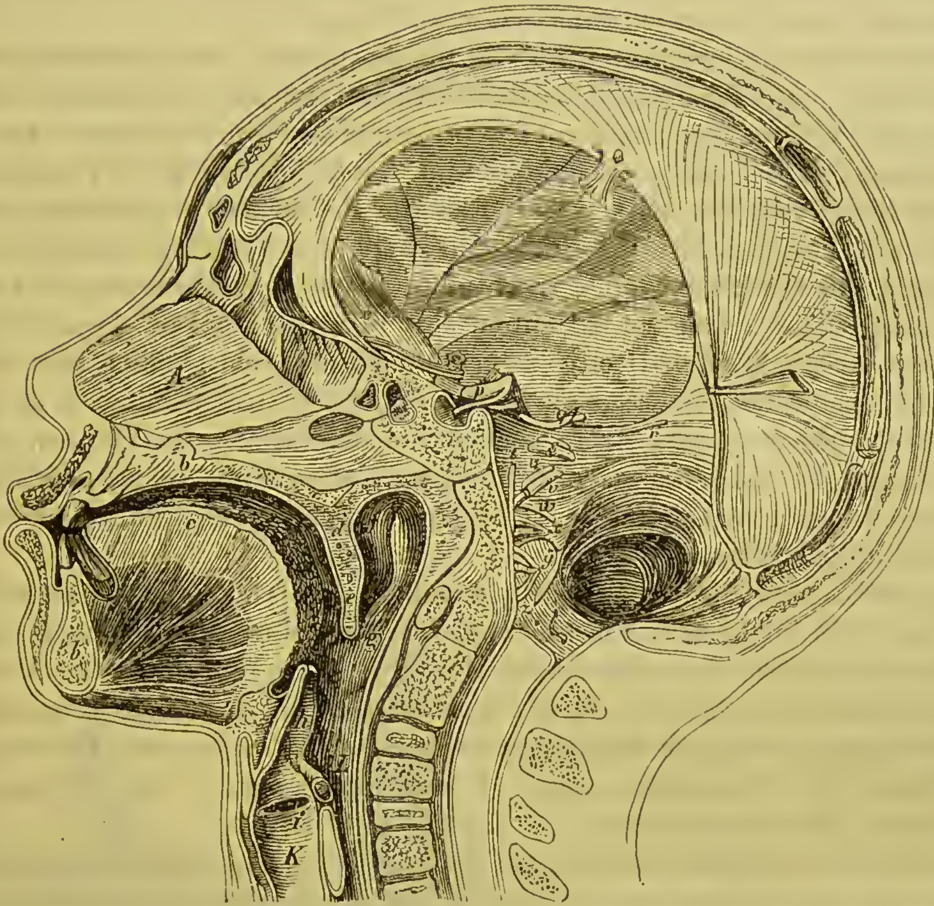
Nach dem Kauen und Einspeicheln folgt die Bildung des Bissens, indem von den Seiten her die durch den Speichel in einen formbaren Brei verwandelten Stoffe auf den Zungenrücken geschoben werden. Dieser höhlt sich löffelförmig aus und presst sich an den harten Gaumen an, wodurch dem Bissen seine rundliche Gestalt ertheilt wird.

Schluckact. Indem dieses Andrücken der Zunge von der Spitze gegen die Wurzel fortschreitet, wird der Bissen immer weiter nach hinten geschoben bis hinter den vorderen Gaumenbogen. Dieses Andrücken wird nur an der Zungenspitze von der eigentlichen Zungenmusculatur, in der Mitte durch Abflachen des Mundhöhlenbodens in Folge der Zusammenziehung des Mylohyoideus, an der Wurzel durch den Styloglossus besorgt. Ist einmal der Bissen hinter den vorderen Gaumenbogen, so legen sich diese durch den Musc. palatoglossus an die Zunge an und schliessen so die Mundhöhle von der Rachenhöhle, in der sich nun der Bissen befindet, vollkommen ab (DZONDI). Gleichzeitig werden die inneren Nasenöffnungen durch das Anlegen des Gaumensegels an die hintere Rachenwand geschlossen, was theils activ durch die Levatores palati mollis, theils passiv durch den Druck des Bissens erfolgt. Dadurch dass der Kehldeckel activ über den Kehlkopfeingang durch seine Muskeln — Thyreo- und Aryepiglottici — herübergelegt wird, wird auch letzterer abgeschlossen (CZERMAK). Fehlt der Kehldeckel, so kann auch noch durch Contraction der Stimmritze ein vollkommener Kehlkopfverschluss hervorgerufen werden (Fig. 61).

Da alle sonstigen Oeffnungen geschlossen sind, bleibt dem Bissen nur noch der Weg in den Schlundkopf, der ihm mit einer gleichzeitigen, von aussen sichtbaren Hebung des Kehlkopfs entgegen kommt. Aus dem Schlundkopf übergiebt ihn eine Zusammenziehung des Schlundschnürers an die Speiseröhre, welche sich oberhalb und um den Bissen zusammenzieht, sodass durch die Contraction der Bissen von oben nach unten fortgeschoben wird. Sobald der Bissen fortgerückt ist, erweitern sich die vorher contrahirten Partien der Speiseröhre wieder, während die direct über dem Bissen liegenden sich zusammenziehen, sodass die Contraction gleichsam wurmförmig von oben nach unten in

der Speiseröhre verläuft. Ganz analoge Bewegungserscheinungen finden sich auch am Magen und Darm und werden als *peristaltische* bezeichnet. Diese Bewegungen sind ganz regelmässig, auf die Zusammenziehung eines höher ge-

Fig. 61.



Verticaler Durchschnitt der Mund- und Rachenhöhle. *A.* Septum narium, *b.* durchsägter Kiefer, *c.* Zunge, *d.* Gaumensegel, *e.* Uvula, *f.* die Mündung der Tuba Eustachii, *g.* Weg aus dem unteren Theile des Schlundkopfes zu dem oberen Theile und den Choanen, *h* Epiglottis, *K.* Kehlkopf, *L.* Schlundkopf, *o—z.* Hirnnerven.

legenen Stückes folgt die eines tiefer gelegenen. Ist der Modus der Bewegung umgekehrt, so bezeichnet man sie als eine *antiperistaltische*.

Nervöse Einflüsse auf Kauen und Schlucken.

Das Kauen und der Schluckact sind, soweit sie von dem Willen eingeleitet werden, sehr gute Beispiele für die in der speciellen Nervenphysiologie zu besprechenden coordinirten Bewegungen. Wir sind uns nur eines einzigen Willensantriebes bewusst, der den ganzen vergleichsweise complicirten Muskelmechanismus des Kauens und Schluckens in Thätigkeit setzt. Schroeder van der Kolk fand das *Centrum der coordinirten Kaubewegungen* in der Medulla oblongata, wohin die Mehrzahl derartiger Bewegungscentren verlegt werden muss. Dort sitzt der die Kaumuskeln direct und regelmässig beeinflussende nervöse Apparat, der vom Gehirn aus durch einen einzigen

Willensanstoss ebenso in Thätigkeit versetzt wird, wie das einfache Abschieben einer Hemmungsvorrichtung ein ruhendes aber aufgezogenes Uhrwerk zu seinem mannichfaltigen Spiel veranlasst.

Bei dem Schluckacte sind grösstentheils quergestreifte Muskelfasern betheiligt. Sie haben ihr automatisches Centrum ebenfalls in der Medulla oblongata und zwar in den Oliven (Sch. v. d. Kolk).

Ausser den uns bekannten Nerven für die Lippen, die Kieferbewegungen und die Zunge, agirt für den Rachen der Plexus pharyngeus, zu welchem Glossopharyngeus, Vagus, Accessorius und Sympathicus zusammentreten. Der Trigeminus setzt den Tensor palati mollis und den Mylohyoideus in Thätigkeit.

Nur bis zu einem gewissen Grade ist der Schluckact der Willkür unterworfen, wir sehen ihn mit aller Nothwendigkeit, unwillkürlich eintreten, wenn irgend wie der Kehldeckel oder die hintere Fläche des Gaumensegels berührt wird. Auch dann wenn wir scheinbar mit Willen schlucken, lässt sich doch immer ein erregender Reiz nachweisen, ohne den es nicht möglich sein würde. Immer muss eine Berührung jener Schleimhautpartien stattfinden z. B. durch etwas Speichel, wenn der Schluckact soll eingeleitet werden können. Es ist leicht zu erproben, dass das »leer Schlucken« nur so lange gelingt, als Speichel zum Verschlucken vorhanden ist. Ebensowenig gelingt es, wenn nicht vorher der Mund geschlossen wurde.

Es sind sonach die Schluckbewegungen zu den reflectorischen zu rechnen, da sie wie alle in dieselbe Classe zu rechnenden Muskelbewegungen nur auf einen nachweisbaren sensiblen Reiz eintreten. Der Wille hat vor allem die Aufgabe, diese reflectorischen Bewegungen rechtzeitig zu hemmen, rechtzeitig die Bedingungen zu ihrem Eintritt zusammen wirken zu lassen. Es sind sensible Fasern des Trigeminus, deren Erregung reflectorisch den Schlingreflex hervorrufen (Sch. v. d. Kolk).

Schon die reichliche Beimischung von Speichel macht den Bissen schlüpfrig, noch mehr zum Hinabgleiten in der Speiseröhre macht ihn der Schleim geschickt, mit dem er sich bei seinem Vorbeigleiten an den Mandeln und der dortigen an Schleimdrüsen reichen Gegend überzieht.

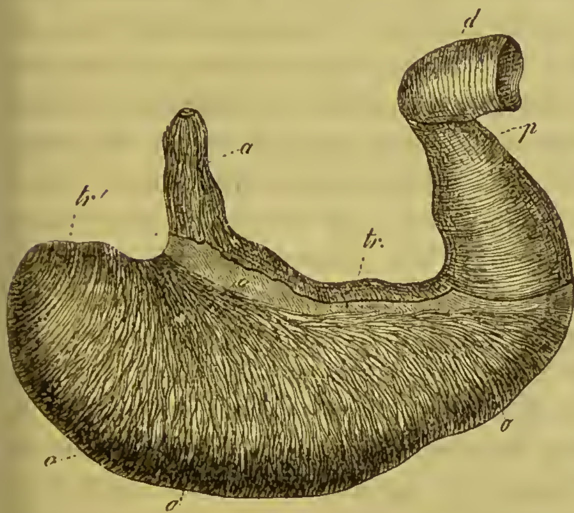
Die Magenbewegungen.

Im Magen verweilen die verschluckten Speisen und müssen allseitig mit der Schleimhaut in innige Berührung gebracht werden, um die verdauenden Wirkungen des Magensaftes zu erfahren. Der Mageninhalt wird im Magen durch den festen Verschluss der beiden Mündungen zurückgehalten, welcher bei dem ventilartig gebauten Pylorus activ auf Reiz der Magenschleimhaut durch die sie berührenden Stoffe erfolgt und so fest ist, dass auch am frisch ausgeschnittenen Magen hier keine Stoffe, selbst nicht Flüssigkeiten auslaufen. Die Cardia wird ausser durch ihre stark entwickelte Ringmusculatur auch noch durch eine passive Magenbewegung geschlossen. Je mehr sich der Magen anfüllt, desto mehr dreht sich durch die gegebenen mechanischen Bedingungen seine grosse Curratur, welche bei dem leeren Magen nach abwärts gewendet ist, nach vorne, sodass die kleine Curvatur, die sonst oben steht, nach hinten

gewendet wird; die Drehung erfolgt um eine durch den Pylorus und die Cardia gelegt gedachte Axe. Dadurch erfährt die Cardia eine Knickung, welche für das Wiederaustreten des Mageninhaltes nach oben hinderlich sein muss.

Am Magen ist die aus organischen glatten Fasern bestehende Muskelhaut nicht überall gleich dick. Während sie am Pylorus $^3/_4$—1''' sich zeigt, ist sie am Magengrunde ganz dünn ($^1/_4$—$^1/_3$'''). Sie besteht aus drei aber unvollständigen Schichten. Nach Kölliker liegen zu äusserst Längsfasern, die theils als Ausstrahlung eines Theils der Längsfasern des Oesophagus zu betrachten sind, von dem aus sich an der kleinen Curvatur bis zum Pylorus erstrecken, während die anderen an der vorderen und hinteren Magenwand und an der obern Seite des Fundus frei auslaufen; theils als selbständige Fasern an der rechten Magenhälfte, von wo sie straff ausgespannt auf das Duodenum übergehen. Von der rechten Seite der Cardia an finden sich Ringfasern, bis zum Pylorus, wo sie am stärksten entwickelt den Sphincter pylori bilden. Zu innerst liegt die Schichte der schiefen Fasern, die den Fundus schleifenförmig umfassen und an der Vorder- und Hinterfläche des Magens schief gegen die grosse Curvatur sich wenden, wo sie zum Theil mit elastischen Sehnen an der Aussenseite der Schleimhaut sich ansetzen, theils sich unter einander verbinden (Fig. 62.).

Fig. 62. (*K.*)



Magen des Menschen, verkleinert. *a.* Oesophagus mit den Längsfasern. *tr.* Querfasern (zweite Lage) grösstentheils abpräparirt. *tr'.* Querfasern am Fundus, *o.* Fibrae obliquae, *p.* Pylorus, *d.* Duodenum.

An dem Darmcanale finden sich nur Längs- und Querfasern. Die erstern finden sich nur am vom Gekröse freigelassenen Rande deutlicher, während die letzteren eine vollkommene Schicht bilden, die aber nicht in die Kerkring'schen Falten hereintritt.

Am Dickdarm sind die Längsfasern wesentlich auf die drei 4–8''' breiten Muskelbänder, Ligamenta coli beschränkt, die am Coecum beginnen und am S romanum in zwei Längsbündel zusammenfliessen, welche die Längsfaserschicht des Rectum bilden.

Die Mastdarm-Musculatur ist 1''' dick und noch dicker, zu äusserst liegen die hier im Gegensatz zu anderen Darmstücken stärkeren Längsfasern aussen, die Ringfasern innen. Das letzte etwas dickere Ende der Ringfasern ist der Sphincter ani internus mit dem dann der quergestreifte Sphincter externus und Levator ani sich verbinden.

Von den Bewegungen des Magens, welche zur Mischung der Speisen in ihm beitragen, ist wenig zu sehen. Ein frisch blossgelegter Magen eines in der Verdauung eben getödteten Thieres zeigt diesen fast gleichmässig fest um seinen Inhalt angepresst. Doch sieht man hie und da peristaltische Bewegungen, von denen man nach älteren Beobachtungen annimmt, dass sie die im

Magen enthaltenen Stoffe vom Grunde des Magens an der grossen Curvatur desselben hin und von da an der kleinen Curvatur zurückbewegen. Sicher drückt stets die allgemeine peristaltische Contraction der Magenmusculatur gegen den Pylorus an, dessen fester Verschluss anfänglich den Durchtritt vollkommen verwehrt. Ziemlich bald schon treten in kleinen Mengen flüssige Stoffe durch, und nach einiger Zeit erfolgt pausenweise eine unverkennbare Ermüdung der Klappenmusculatur, welche auch den festweichen und festen Stoffen den Durchtritt gestattet.

Der Verschluss an der Cardia ist von Anfang an nicht so fest, wie der am Pylorus. In grösserer Menge in den Magen hinabgeschluckte Gase z. B. nach dem Genuss von kohlensäurehaltigen Getränken können hier als an dem höchstgelegenen Orte wieder entweichen, was aber wohl nie ohne eine Mitwirkung der peristaltischen, den Inhalt pressenden Bewegungen der Magenmusculatur erfolgen kann. Wenigstens geschieht das Entweichen der Gase mit solcher Gewalt, dass fast immer geringe Flüssigkeitsmengen mit aus dem Magen in den Oesophagus gerissen werden, die dann durch ihre sauere Beschaffenheit zu einem brennenden Gefühl in der Speiseröhre Veranlassung geben können, welches das »Aufstossen« gewöhnlich begleitet.

Die Bewegungen des Magens sowie der Verschluss des Pförtners sind zweifelsohne reflectorisch durch den Reiz der in den Magen gelangten Stoffe erzeugt. Damit steht es in Zusammenhang, dass sie um so stärker auftreten, je intensiver die reizende Ursache einwirkt. Flüssigkeiten reizen die sensiblen Magennerven für gewöhnlich nur in geringem Grade, sodass also auch der von den Gefühlsnerven auf die Bewegungsnerven reflectirte Bewegungsanstoss nur gering ist, geringe Muskelcontractionen hervorruft. Oft schon nach wenig Minuten verlassen verschluckte Flüssigkeiten den Magen durch den Pförtner. Festweiche oder feste Stoffe rufen sehr kräftige Contractionen der Magen- oder Klappenmusculatur hervor. Wir sehen wie innig auch hier das Ineinandergreifen der verschiedenen Thätigkeiten desselben Organes sich zeigt, wie die strengste Zweckmässigkeit auch hier sich zu erkennen giebt. Die festen Stoffe bedürfen zu ihrer Verdauung ein längeres Verweilen im Magen und eine gesteigerte Absonderung von Magensaft. Der sensible Reiz, den sie auf die Schleimhaut durch mechanische Reizung ausüben, ruft nicht nur die geforderte Absonderung hervor, wir sahen ja auf experimentelles Reiben an der Schleimhaut den Magensaft massenhaft hervortreten; derselbe sensible Reiz reflectirt sich nicht nur auf die Secretionsnerven sondern auch auf die Bewegungsnerven des Magens, starke Contractionen derselben sind die Folge, welche die Magenöffnung langdauernd fest geschlossen halten, sodass auch die zweite Forderung für die Magenverdauung erfüllt wird und die festen Stoffe mehrere Stunden lang im Magen verweilen.

Die Nervenmechanismen der Magenbewegungen sind bisher noch fast ebenso wenig vollkommen erforscht, wie diejenigen, welche der Secretion der Magendrüsen vorstehen. Aus allen Beobachtungen geht jedoch hervor, dass der Magen seine nervösen Bewegungscentralorgane auf deren Erregung seine geordneten Bewegungen erfolgen, in sich selbst besitzt, denn auch am ausgeschnittenen Magen sehen wir sie noch in regelmässiger Weise auftreten. Ausser den eigenen im Magen gelegenen centralen Bewegungsorganen,

als welche die von MEISSNER beobachteten zahlreichen Ganglien in der Bindegewebsschicht des Magens angesprochen werden müssen, erhält der Magen auch noch Zweige vom Vagus und Splanchnicus. Durch vielfache Beobachtungen hat sich, wie es scheint sicher, herausgestellt, dass die Magenbewegungen vom Vagus beeinflusst werden können, aber nur dann, wenn die im Magen selbst gelegenen nervösen Centralorgane im Zustande der Erregbarkeit sich befinden. Dieses ist der Fall, wenn der Magen schon einige Zeit im Zustande der Verdauung begriffen war. Es erfolgt dann auf Vagusreizung entweder eine einfache peristaltische Contraction oder eine Zusammenziehung, welche von der grossen Curvatur zur kleinen Curvatur herüberläuft (BISCHOFF). Die eben angeführte Beobachtung ist auch darum von ungemeiner Bedeutung, weil sie uns ein Fingerzeig wird in dem dunkelsten Gebiete der Nervenphysiologie. Sie zeigt uns, was wir dort noch des Näheren auszuführen haben, dass zum Zustandekommen gewisser auf nervöser Grundlage beruhender organischer Actionen es nicht genügend ist, dass der anatomische Mechanismus vorhanden sei, sondern dass sich die nervösen Organe in dem Zustande der Erregbarkeit befinden, der zweifelsohne einer bestimmten chemischen Zusammensetzung derselben entspricht. Durch die sensible Erregung von der Magenschleimhaut her müssen die Ganglienzellen erst in Thätigkeit versetzt werden, die auf einer durchgreifenden chemisch-physikalischen Aenderung derselben beruht, welche die Schranken gleichsam niederreisst, die sich dem Hereinbrechen eines Reizes von den allgemeinen centralen Nervenapparaten wiedersetzten. Der Reiz, welcher vorhin zu schwach war, Bewegung auszulösen, ist dazu nun im Stande, da die Bewegungshemmung verschwunden ist. Dadurch dass chemisch-physikalische Aenderungen in nervösen Organen eintreten, sehen wir, da sich jene Umwandlungen theilweise auf sie übertragen, auch Nachbarorgane zur Thätigkeit geschickt werden und wir begreifen so, wie Mitbewegungen, coordinirte Bewegungen etc. so leicht erfolgen können. Zu den Momenten, welche die Erregbarkeit der Magenganglien erfordert, gehört auch wie bei allen Nerven eine bestimmte Temperatur. Der leere ausgeschnittene Magen kommt in Bewegung, wenn man ihn bis 25° C. erwärmt (CALLIBURCES).

Da der Vagus nicht der eigentliche Bewegungsnerve des Magens ist, so ist es natürlich, dass nach seiner Durchschneidung die Magenbewegungen noch nicht vollkommen aufhören. Doch werden sie, wie es scheint, beeinträchtigt. Das Oesophagusende ist gelähmt und wird, da es keine Bewegungen zum Weiterschaffen mehr macht, von den aufgenommenen Speisen ausgedehnt.

Die Dünndarmbewegungen.

Sie scheinen stets weit lebhafter als die des Magens zu sein. Oeffnet man einem eben getödteten Thiere den Unterleib, so sieht man, besonders schön bei Kaninchen, nach kurzer Zeit die vorher ziemlich ruhigen Därme in lebhafte Bewegungen gerathen. Diese Bewegungen beginnen als Contractionen an einer Darmstelle; die Zusammenschnürung schreitet über die Schlingen, indem sie den Darminhalt, Gase manchmal mit hörbarem Geräusche, vor sich hertreiben, fort, indem sich stets die höher gelegenen Stellen wieder erweitern. Die Bewegung

wird so lebhaft, dass sich eine Schlinge über oder unter der andern hin- und herschiebt, stets wieder durch Berührung die anliegenden Schlingen zu gleich lebhafter Bewegung anreizend, so dass der Darm den Anblick vieler rasch durcheinander kriechender dicker Würmer darbieten kann. Die deutsche Bezeichnung »wurmförmig« ist somit für die peristaltischen Bewegungen sehr gut gewählt.

Innerhalb der nicht geöffneten Leibeshöhle sind die peristaltischen Darmbewegungen nicht ganz so lebhaft, als wenn sie unter der reizenden Einwirkung der niedereren Lufttemperatur erfolgen. Calliburces fand, dass die Darmbewegungen etwas unter der normalen Körpertemperatur am lebhaftesten eintreten. Doch sieht man unter Umständen bei mageren Individuen die Darmbewegungen auch durch die dünnen Bauchdecken hindurch sehr deutlich. Auf ihnen beruht ohne Zweifel das Fortrücken des Inhaltes im Darme.

Abgesehen von der Art der peristaltischen Contractionen selbst, welche, da sie von oben nach unten fortschreiten, ein Ausweichen des gepressten Inhaltes nach oben schon für sich allein erschweren, hindern dieses auch noch die klappenförmig gestellten Kerkring'schen Falten der Schleimhaut, die überdiess noch als Oberflächenvermehrung der Darmschleimhaut analog den Zotten und Lieberkühn'schen Drüsen anzusehen sind. Ist einmal der Inhalt bis in den Dickdarm vorgerückt, so verhütet die Bauhin'sche Klappe am Coecum den Rücktritt vollkommen. Im Dickdarm selbst scheinen für gewöhnlich die peristaltischen Bewegungen sehr gering zu sein. Dort verweilt der Darminhalt offenbar eine verhältnissmässig lange Zeit, welche hinreicht, um ihn vor allem durch den fortgehenden Wasserverlust in Koth umzuwandeln.

Zweifellos erfolgen die Darmbewegungen normal auf reflectorischem Wege, indem die Muskeln von der durch den reizenden Inhalt erfolgenden sensiblen Darmschleimhauterregung in Thätigkeit versetzt werden. Da auch der ausgeschnittene Darm sich noch peristaltisch bewegen kann, da auch nach Zerstörung des Rückenmarks und Gehirnes bei Fröschen die Verdauung noch ihren regelmässigen Gang geht, so ist es bewiesen, dass die nervösen Centralorgane, welche diesen Vorgängen vorstehen, sicher in dem Darme selbst gelegen sind, und wir müssen uns auch hier die zahlreichen Ganglien in der Bindegewebsschichte als diese Centren denken.

Pflüger hat nachgewiesen, dass auch die Darmbewegungen nervöse Einflüsse von aussen her und zwar vom Splanchnicus aus erfahren können. Er fand, dass auf Reizung des Splanchnicus und des Brusttheils des Rückenmarks die peristaltischen Bewegungen der Gedärme aufhören. Wir werden finden, dass dieses überrasche Verhalten, dass auf Nervenreiz, von dem wir gewöhnt sind, Bewegung eingeleitet zu sehen, umgekehrt wie hier eine vorhandene Bewegung vernichtet wird, in den organischen Vorgängen nicht einzig dasteht. Wir werden im Vagus ebenfalls einen »Hemmungsnerven« und zwar für die Herzbewegung kennen lernen, Die nähere Ausführung der Lehre von den Hemmungsnerven gehört in die Nervenphysiologie.

Nach O. Nasse enthält der Splanchnicus auch motorische und sensible Fasern, was mit den Beobachtungen Rüdinger's schön zusammenstimmt, welcher neuerdings gezeigt hat, dass der Splanchnicus neben sympathischen Fasern

auch vorwiegend cerebrospinale Fasern erhält. Motorisch, anregend auf die Darmbewegung wirkt die Reizung des Splanchnicus nur bei getödteten Thieren. Colon und Rectum erhalten motorische und sensible Fasern von dem die Art. mesent. inf. umspinnenden Plexus, aus dem unteren Lendentheil des Rückenmarks.

Die Sensibilität des Splanchnicus ergiebt die Schmerzhaftigkeit aller Operationen an ihm. G. Colin fand, dass die Arterien der Eingeweide (Magen, Milz, Leber, Pancreas, Nieren, Darm), empfindlich werden durch die sie umspinnenden Nerven. Die übrigen Arterien des Körpers sind unempfindlich.

Das Rectum.

In grösseren Pausen, meist nur ein bis zwei Mal in 24 Stunden findet die Entleerung des Dickdarminhaltes, des Kothes statt. Sie erfolgt durch die peristaltischen Contractionen der sehr entwickelten Musculatur des Mastdarmes unterstützt durch die Wirkungen der Bauchmusculatur, die sogenannte Bauchpresse. Durch die kräftige Einathmung hält man das Zwerchfell herabgepresst und verkürzt gleichzeitig alle Bauchmuskeln, wodurch ein allgemeiner Druck auf den Bauchinhalt ausgeübt wird, welcher ihn, soweit er frei beweglich ist, zu der bestehenden Oeffnung hinaus zu pressen strebt. Auch bei dem Harnlassen, bei dem Geburtsmechanismus sehen wir dieses Austreibungsmoment verwerthet.

Die den Koth austreibenden Kräfte haben den Widerstand der für gewöhnlich geschlossenen Sphincteren des Mastdarmes zu überwinden. Durch die Contraction des Levator ani wird das Ende des Mastdarmes über den festen in ihm befindlichen Inhalt gleichsam hinaufgestülpt, hinaufgezogen, gleichzeitig verhindert sie das Herauspressen des Mastdarmes aus der Anus-Oeffnung.

Die Dickdarmausbuchtungen geben dem Kothe seine charakteristische Gestalt.

Durch langanhaltende allzustarke Ausdehnung verliert der Mastdarm seine Fähigkeit zu peristaltischen Bewegungen. Während im anderen Falle die Kothentleerung fast allein durch letztere erfolgt, wird bei Erschlaffung der Mastdarmmusculatur vorzüglich die Bauchpresse zum Austreiben verwendet, der Act ist dann sehr mühsam.

Offenbar werden auch die Austreibungsbewegungen des Mastdarmes reflectorisch durch Reize hervorgerufen, welche auf seine Schleimhaut stattfinden. Unter normalen Umständen wirkt der Druck des sich mehr und mehr ansammelnden Inhaltes als Reiz. Aber auch andere Schleimhautreize können den Drang nach Stuhlentleerung hervorrufen, ohne dass Kothanhäufung vorhanden ist.

Man hat darüber gestritten, ob die Sphincteren für gewöhnlich activ durch Muskelcontraction geschlossen seien, auch wenn kein Schleimhautreiz stattfindet. Man wollte aus der Bejahung dieser Frage beweisen, dass den Muskeln ein gewisser ruhender Contractionszustand — Tonus — zugeschrieben werden müsse. Die Beobachtung hat diese Frage noch nicht mit aller Sicherheit

entschieden, doch scheint es wahrscheinlicher, dass die fragliche Contraction ihren Grund auch in reflectorischer Erregung der betreffenden Muskelfasern besitze.

Gianuzzi und Nawrocki banden an lebenden Thieren in das S romanum eine Glasröhre ein, in welche sie von einem Gefässe aus Wasser einfliessen lassen konnten. Nach Durchschneidung der Nerven des Rectum's bedurfte es eines viel geringeren Druckes also einer viel niedrigeren Wassersäule in der Röhre um ein stetiges Ausfliessen aus dem Anus zu erhalten. Sie schliessen daraus auf einen unwillkürlichen Tonus der Sphincteren. Das Experiment scheint aber ebenso mit der Annahme von Reflexwirkungen zusammen zu passen.

Nach Valentin betheiligen sich an dem besprochenen Entleerungsacte auch noch einige andere Darmmuskeln in mehr untergeordneter Weise.

Die Kohlensäure als Ursache der Darmbewegungen.

Ein sehr interessantes und lehrreiches Licht auf die inneren Gründe des Zustandekommens der Bewegungen der Darmmusculatur und damit der Muskelbewegungen überhaupt, werfen die Versuche von Krause und O. Nasse. Es ergiebt sich aus ihnen, dass gewisse chemische Veränderungen des Blutes und damit der Gewebsflüssigkeit, in den Muskelnerven oder Muskeln selbst als letzte Gründe der Darmbewegungen aufgefasst werden müssen. Es scheint, dass eine in geringerem Maasse gesteigerte Kohlensäureanhäufung im Blute als Reiz aufzufassen sei, in grösserer Menge als Lähmungsursache. Verschliesst man bei lebenden Thieren die Luftröhre, so beginnen mit den Erstickungskrämpfen stets mehr oder weniger starke peristaltische Bewegungen der Därme, welche bei wieder gestatteter Respiration verschwinden. [Denselben Effect hat Compression des Arcus aortae und der Pfortader, auch Verbluten und leichte Abkühlung].

Es unterliegt keinem Zweifel, dass im normalen Organismus derselbe Grund wirksam wird. Wer erinnerte sich nicht an das Factum, dass während der Verdauung, während also die peristaltischen Bewegungen gefordert werden, mehr Kohlensäure im Blute vorhanden ist, wie die gesteigerte Ausscheidung dieses Stoffes durch die Athmung beweist?

Während der Anwendung der Bauchpresse verschliessen wir die Athemspalte längere Zeit. Es muss daraus derselbe Antrieb auf die peristaltischen Bewegungen resultiren, den eine künstliche Verschliessung der Trachea bewirkt. So wirkt also die Bauchpresse in zweierlei Sinn befördernd auf die Darmentleerung ein. Wahrscheinlich ist die Anregung der Darmbewegung das wichtigere von beiden Momenten. Dass es sich bei der Entstehung der Darmbewegungen um Anhäufung reizender Stoffe im Gewebe handelt geht aus O. Nasse's Beobachtungen hervor, welcher die Darmbewegungen beschwichtigen konnte, indem er die Darmmuskeln durch Durchsprützen von 0,6 procentiger Kochsalzlösung durch ihre Blutgefässe auswusch.

Das Nicotin im Tabacke ist ein sehr starkes Erregungsmittel für die

Darmbewegungen und befördert dadurch die Darmentleerung. Im Kaffe sind die empyreumatischen Oele, nicht das Kaffeïn, ebenfalls in diesem Sinne wirksam. O. Nasse.

2.

Resorption der Nahrungsstoffe in's Blut.

Endosmose und Filtration im Darm.

Die Verdauung hat den Zweck, den trotz der Gleichheit ihrer atomistischen Zusammensetzung verhältnissmässig von den Stoffen des lebenden Körpers in ihren chemischen und physikalischen Eigenthümlichkeiten noch sehr verschiedenen Nahrungsstoffen die Charaktere einzuprägen, welche sie tauglich machen, direct sich an den Lebensvorgängen im Organismus zu betheiligen.

Ohne dass diesen so umgewandelten Stoffen die Möglichkeit gegeben wird, aus dem Darmrohre in das Blut, den eigentlichen Ernährungssaft des Leibes, einzutreten, würden sie selbstverständlich für den Haushalt des Organismus werthlos bleiben.

Bei gewissen pathologischen Veränderungen des Darmlebens werden keine oder wenigstens fast keine Stoffe aus dem Darme aufgesaugt. Es ist klar, dass der Organismus bei diesem Zustande aus Hunger zu Grunde gehen könnte, wenn auch noch soviel Nahrungsmittel genossen und im Munde, Magen und Darme den verdauenden Einflüssen unterliegen würden.

Die Lehre von der Resorption im Darmrohre steht der Lehre von der Verdauung an Wichtigkeit nicht nach.

Leider sind die Gesetze, nach denen die Resorption erfolgt, noch immer nicht vollkommen aufgehellt.

Die Zeit ist freilich vergangen, in der man den fraglichen Vorgang in rein vitalistischer Weise erklären durfte; der Magen ist nicht mehr das reissende Ungethüm, welches beständig nach Nahrung knurrt und die ihm gereichte unersättlich verschlingt. Kein grosser Fortschritt von dieser kindlichen Anschauung war es, wenn man den »Saugadern« oder den Blutcapillaren den Mund zuschrieb, welcher activ die verflüssigten Nahrungsstoffe in sich einsaugte.

Seit dem Bekanntwerden der osmotischen Vorgänge hat man allgemein die Gesetze der Diffusion als die Ursache des Uebertrittes der gelösten Nahrungsstoffe aus dem Darm in die Säftemasse angesprochen. Und es unterliegt keinem Zweifel, dass sie auch in Wahrheit in ausgedehntem Maasse hiebei zur Geltung kommen. Doch war es vorschnell, die Resorption allein als ein Product der Osmose aufzufassen. Offenbar kommen die mechanischen Vorgänge der theils unter positivem theils unter negativem Drucke stattfindenden Filtration hiebei ebenso, vielleicht in viel ausgedehnterem Masse als jene zur Wirkung. Die Entdeckung der unter Saugdruck stattfindenden Filtration reactivirt in gewisser Weise die alte Anschauung von der activen Betheiligung der Saugadermündungen an der Stoffaufnahme; sie ist uns einer der vielen Be-

weise, dass Vorgänge, welche anfänglich nur durch Wirkungen einer ganz unbegreiflichen Lebenskraft erklärlich scheinen, sich bei näherer Betrachtung auf einfache auch aus der anorganischen Natur bekannte physikalische Gesetze zurückführen lassen.

Vor Allem beweist, dass bei der Aufsaugung im Darme die Diffusion eine Rolle spielt, schon der Umstand dass die Nährstoffe durch die Verdauung alle in leicht diffundirbare verwandelt werden.

Das Eiweiss, welches an sich wahrscheinlich gar keine wahren Lösungen zu bilden vermag und dessen endosmotisches Aequivalent darum nahezu $=\infty$ ist, erhält nach FUNKE's schönen, hierauf bezüglichen vergleichenden Untersuchungen als Pepton die Fähigkeit, leicht durch thierische Membranen sowohl zu diffundiren als zu filtriren und es ist diese Veränderung der physikalischen Charaktere vorzüglich, die das Eiweiss von dem Peptone unterscheidet. FUNKE's Diffusionsversuche sind nicht nur an todten Membranen angestellt. Er brachte Peptonlösungen in vorher abgebundene und gereinigte Darmstücke lebender Kaninchen, die er nach der Füllung wieder in den Leib zurückbrachte, und bestimmte nach einigen Stunden, wie gross die aus dem Darm aufgenommene Peptonmenge war. Es stellte sich heraus, dass die relativen Aufnahmsmengen für verschiedene Concentrationsgrade der Peptonlösung bei gleicher Darmlänge in gleichen Zeiten ziemlich gleichbleibend waren. Es waren also die in gleicher Zeit von gleichlangen Darmstücken aufgesaugten Peptonmengen um so grösser, je bedeutender die Concentration war, in welcher die Peptonlösung in das Darmstück hereingebracht wurde. Ganz ähnlich sind die Resultate, die derselbe Forscher mit Zuckerlösungen unter sonst gleichen Versuchsbedingungen erhielt.

Es muss hier sogleich erwähnt werden, dass sich das Pepton nach seiner Aufnahme in die Säftemasse des Körpers in gewöhnliches Blutalbumin verändert. So können wir begreifen, wie zwar die Eiweissstoffe der Nahrung die Darmwand durchdringen, wie aber dagegen nur unter krankhaften Bedingungen Eiweiss aus den Blutgefässen in die Darmhöhle oder in andere normale Körperhöhlungen hereindringt. Es fehlt eben dem Bluteiweiss die Fähigkeit zur raschen Durchsetzung der Membranen, die dem Stoffe, aus dem es sich ersetzt, dem Peptone in viel höherem Maasse zukommt.

Wie die Eiweissstoffe so wird auch das Amylum durch seine Umwandlung in Zucker durch den Verdauungsvorgang zu einem leicht diffundirenden Stoffe.

Schon der Bau der Schleimhaut zeigt es, dass die im Darme befindlichen Lösungen mit den in dem Schleimhautparenchyme, in den Lymph- und Blutcapillaren befindlichen Flüssigkeiten von anderer Concentration und Zusammensetzung in osmotischen Verkehr treten müssen. Wir haben ja hier überall jene gequollenen, in Molecularzwischenräumen mit wässerigen Lösungen gefüllten Membranen vor uns, die wie wir wissen den Stoffaustausch der Flüssigkeiten, welche durch sie getrennt werden, nicht verhindern. Durch die molecülären Wasserstrassen, welche die Darmgewebe durchsetzen, muss das Bestreben der Flüssigkeiten, auf der einen und anderen Seite sich gleichmässig zu mischen, hindurchwirken. Wirklich sind wir für einige Fälle der Aufsaugung im Darme auch im Stande zu zeigen, dass sie genau nach den Gesetzen

der Osmose erfolgen. Wir wissen, dass die Diffusionsgeschwindigkeit der salzsaueren und schwefelsaueren Salze bedeutend verschieden ist und dass Membranen in den beiden Lösungen ein verschiedenes Quellungsmaximum besitzen. Diesen Erfahrungen entspricht es vollkommen, dass in den lebenden Darm gebrachte Lösungen von salzsaueren Alkalien in der gleichen Zeit viel reichlicher aufgenommen werden als die schwefelsaueren (Ludwig).

Aus diesem Experimente aber ableiten zu wollen, dass die Osmose überhaupt der bedeutungsvollere Vorgang bei der Resorption sei, wäre sicher ungerechtfertigt. Durch die mit der Schleimhaut in Berührung gebrachten verschiedenen Lösungen wird ihre Durchlassungsfähigkeit, vielleicht ihre Porenweite in verschiedener Weise beeinträchtigt. Ebenso wie dieses Verhältniss von Einfluss auf die Diffusion ist, muss es auch auf die Filtrationsgeschwindigkeit wirken: der Stoff, welcher rascher diffundirt, filtrirt im Allgemeinen auch rascher. So scheint es also, dass sich dieses verschiedene Verhalten der Lösungen bei der Resorption gut auch mit der Meinung verträgt, dass bei dem fraglichen Vorgang auch in hohem Maasse Filtration mit im Spiele ist.

Die Durchtränkung der Darmgewebe mit wässerigen Flüssigkeiten bedingt mit Nothwendigkeit das Eintreten von Diffusionsströmen. Es müssen aber auch Filtrationsströme entstehen, wenn auf der einen oder anderen Seite die Flüssigkeiten einer Druckverschiedenheit ausgesetzt sind. Solche Druckverschiedenheiten finden im Darme nun sicher statt. Es befindet sich der Darminhalt unter dem pressenden Einflusse der peristaltischen Bewegungen der ihn fortschaffenden Darmmusculatur, also unter einem positiven Drucke. In der Contractilität der Zotten des Darmes finden wir ein Moment, das diesem eben genannten positiven Druck gegenüber auf der entgegengesetzten Darmseite zeitweilig sogar einen negativen oder Saugdruck erzeugt. So ist es einleuchtend, dass sich mit dem Vorgange der Diffusion im concreten Falle stets der der Filtration verbindet, sodass in Wirklichkeit kaum jemals weder der eine noch der andere allein zur Wirksamkeit kommen kann.

Bau der Darmzotten.

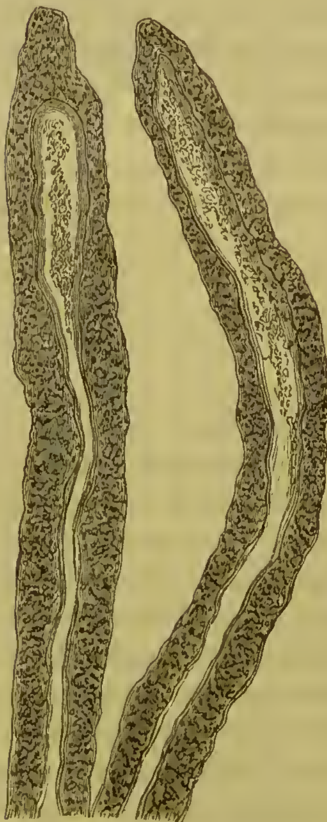
Die Darmzotten sind äusserst zierlich und sinnreich für ihre Function des Einsaugens gebaut. Es sind jene uns schon bekannten zottenförmigen Schleimhautvorragungen, welche der Darminnenfläche das sammetartige Aussehen für das unbewaffnete Auge verleihen. Das Mikroskop zeigt, dass sie mit einer einfachen Schichte derselben Cylinderepithelien überzogen sind, die wir auch sonst den Darm auskleidend finden. Es sind dieses jene Zellen, deren freier, oberer, verdickter Rand, »der Zellendeckel« in einer zarten Streifung die deutlichen Zeichen einer vielfältigen Durchbohrung von feinen Canälchen erkennen lässt (Kölliker, Funke u. A.). An ihrem unteren Ende, mit dem sie der Schleimhaut ansitzen, verengern sie sich mehr und senden feine, hohle Ausläufer in das eigentliche innere Zottengewebe herein, von denen es nicht unwahrscheinlich ist, dass sie sich mit den Ausläufern der das Zottengewebe durchsetzenden Bindegewebskörperchen zu einem zarten Canalnetze vereinigen. Heidenhain, der die betreffenden, theilweise noch bestrittenen Beobachtungen zuerst

machte, lehrt weiter, dass diese Bindegewebshohlräume, wie wir dieses ja auch sonst schon erfahren haben, als die eigentlichen Capillaren der in den Zotten befindlichen Lymphgefässanfänge zu betrachten seien. So existirt also eine wenn auch äusserst zarte aber doch offene Verbindung zwischen dem Darmlumen und den Lymphgefässen, welche für gewöhnlich mit wässerigen Lösungen angefüllt, den Flüssigkeitsverkehr vom Darme in die Lymphgefässe sehr erleichtern muss. Die Flüssigkeiten werden also nicht durch unsichtbare, moleculäre Lücken sondern durch wenn auch noch so feine capillare Hohlräume angesaugt.

Die Grundsubstanz der Zotte hat genau denselben Bau wie die der sonstigen Schleimhaut. Wir finden ein Netz von Bindegewebskörperchen, oder Fasern, in welches reichlich rundliche, kernhaltige Zellen, von der Gestalt und Grösse der Lymphzellen, eingelagert sind. An der Oberfläche stehen diese Zellen dichter. Zwischen Epithel und Zottengrundgewebe findet sich ein zarter, heller Gewebssaum, der als eine stärkere Entwickelung der ungeformten Zellenzwischensubstanz nicht als eine eigentliche Grenzhaut erscheint. Die Zotte ist Nichts weiter als ein reichlich mit Blut- und Lymphgefässen und organischen Muskelfasern versehener Schleimhautfortsatz.

In dem Centrum der Zotten finden sich die Anfänge der grösseren Lymphgefässe oder, wie man sie im Darme nennt, Chylus- oder Milchsaftgefässe. In schmäleren Zotten findet sich beim Menschen meist nur ein centrales Chylusgefäss, welches meist mit einer etwas kolbig angeschwollenen Ausbuchtung nahe unter der Zottenoberfläche endigt. (Fig. 63.) Manchmal finden sich zwei solcher Stämmchen, welche sich im oberen Theile der Zotte schlingenförmig verbinden. Bei Thieren finden sich öfters bis zu 4 Chylusstämmchen, die dann in der Zottenspitze ein grobmaschiges Netz bilden. Die Bindegewebskörperchennetze münden in diese Gefässchen. Sie haben nach Kölliker eine erkennbare Membran und führen direct in die grösseren Lymphgefässe, welche besonders an ihren feinsten Anfängen mit reichlichen Klappen versehen sind, welche den Flüssigkeitsstrom nur in centraler, von den Zotten abgekehrter Richtung gestatten, sodass Flüssigkeiten, welche einmal aus den Chylusgefässen der Zotte in grössere weitergeströmt sind, unter keinen Umständen mehr in die ersteren zurückströmen können.

Fig. 63. (*K.*)

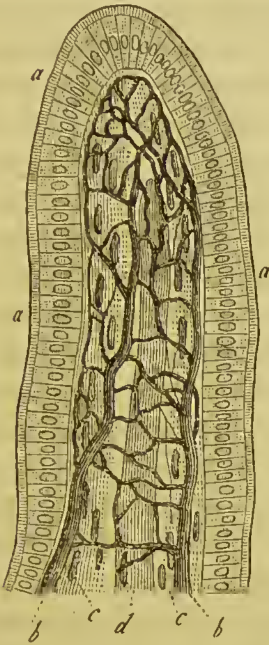


Zwei Zotten ohne Epithel mit dem Chylusgefäss im Innern, vom Kalbe, 350 mal vergr. und mit verdünntem Natron behandelt.

Brücke entdeckte um die centralen Chylusgefässe der Zotten herum eine längslaufende Schicht organischer Muskelfasern aus sehr zarten, schmalen Faserzellen bestehend. Kölliker verfolgte sie zuerst zwischen die Lieberkühn'schen Drüsen in die Tiefe und fand ihren Zusammenhang mit den Muskelfasern der Mucosa.

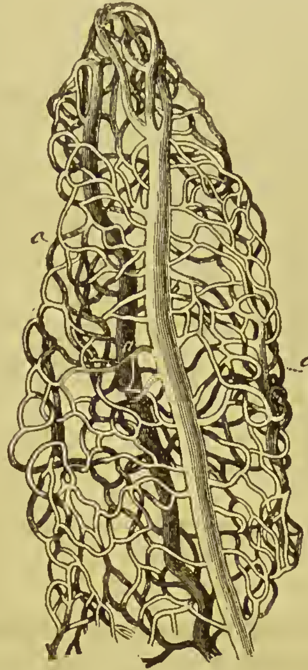
Ausser diesen bisher genannten Gewebsbestandtheilen besitzt jede Zotte noch ein auffallend reiches Netz von Blutgefässen, welche, fast direct unter jenem hellen Grenzsaum der Zotte gelegen, ein Gerüste für das übrige in sie

Fig. 64. (*F.*)



Eine Darmzotte nach LEYDIG. *a* Das mit verdicktem Saume versehene Cylinderepithelium; *b* das Capillarnetz; *c* Längslagen glatter Muskelfasern; *d* das in der Axe befindliche Chylusgefäss.

Fig. 65. (*F.*)



Das Gefässnetz einer Darmzotte des Hasen mit dem arteriellen Stamm *b*, dem Capillarnetz *c* und dem venösen Zweig *a*.

eingeschobene Gewebe darstellt. Ein bis drei kleine Arterienstämmchen führen den Zotten das Blut zu, steigen unter reichlicher Capillarverästelung in ihnen bis an die Spitze empor und sammeln ihre Capillaren endlich wieder meist in ein grösseres Venenstämmchen (Fig. 64. 65.).

Der Mechanismus der Aufsaugung durch die Zotten.

Die Muskelfasern der Zotten bewirken eine Zusammenziehung derselben, die sich als Verkürzung und Dickenzunahme zeigt (BRÜCKE). SCHIFF behauptet, dass die Galle als Reiz für die Zottenmusculatur fungire, was sehr wahrscheinlich ist. Durch diese Zusammenziehung wird sowohl der Inhalt der Blut- als der Chylusgefässe aus der Zotte herausgepresst. Sowie die Zotten-Muskeln wieder erschlaffen, strömt das Blut wieder reichlich in die Zotte ein und die grosse Anzahl der plötzlich sich füllenden Gefässe dehnt die Zotte wieder zu ihrem ruhenden Umfange aus (Fig. 66.). Die durch die Contraction entleerten Chyluswurzeln können sich von den grösseren Chylusgefässen her der erwähnten Klappen wegen nicht mehr durch Rückfluss anfüllen. Sie werden durch die Erection der Zotten (BRÜCKE) ausgedehnt, es entsteht dadurch ein negativer Druck in ihnen, der zur unmittelbaren Folge ein Ansaugen von Flüssigkeiten aus dem Darmrohre durch die Wege der Epithelzellen in die

Chyluswurzeln herein haben muss. Der Eintritt wird noch durch den erwähnten gleichzeitigen positiven Druck im Darmrohre erleichtert. Eine zweite Contraction entleert die gefüllte Zotte wieder, und macht sie von Neuem zum Ansaugen geschickt.

Fig. 66. (*K.*)



Zwei in Verkürzung begriffene Darmzotten der Katze. Vergr. 60.

Es ist klar, dass die Resorption, soweit sie wirklich in Ansaugung besteht, von einer Functionirung der Zottenmusculatur abhängig ist. Alle Einflüsse welche diese Muskelfasern lähmen, müssen die Resorption beeinträchtigen oder ganz vernichten. Viele pathologische Störungen der Darmfunctionen beruhen auf solchen Lähmungen. Es muss hier darauf aufmerksam gemacht werden, dass schon ein gesteigerter Wassergehalt die Muskeln lähmt. Also werden alle Momente, welche bei gesteigerter Blutzufuhr ein Austreten von serösen Flüssigkeiten in die Zotten hervorrufen, die Aufsaugung hemmen können. So verstehen wir, dass fast alle zu starken Darmschleimhautreize mit wässerigen Stühlen verknüpft sind, die sich wohl nur aus einem Mangel der Aufsaugung der in normaler Weise in den Darm ergossenen Flüssigkeiten erklären lassen.

Eine andere Art von Resorptionsorganen beschrieb in neuester Zeit Letzerich, befindet sich aber mit der Deutung seiner mikroskopischen Befunde in Widerspruch mit einer Untersuchung von F. E. Schulze, welche sich auf dieselben Organe bezieht, welche von Letzerich für Resorptionsorgane von Schulze für Schleimsecretionsorgane angesprochen werden.

Zwischen den gewöhnlichen Cylinderzellen der Zotten und der Liberkühn'schen Drüsen aller Wirbelthiere auch des Menschen finden sich grosse runde oder birnförmige deutlich contourirte Gebilde, Vacuolen. Er lässt sie sich fortsetzen in deutlich begrenzte Schläuche, die unter dem Epithel im Bindegewebe der Zotte sich zu einem Netzwerk verbinden. Die Vacuolen haben eine nach dem Darmlumen gekehrte scharf umschriebene Oeffnung, so dass hier die Cuticula (Zelldeckelschichte) der Cylinderzellen unterbrochen erscheint. Letzerich hält die Vacuolen nicht für Zellen sondern für frei ausmündende, durch die Schläuche sich mit dem centralen Chylusgefäss verbindende Anfangstheile des Resorptionsapparates. Bei geringer Fettfütterung sollen sich nur die Vacuolen mit Fett erfüllt zeigen. Die sogleich zu besprechende Fettfüllung der Epithelzellen des Darms soll eine pathologische Erscheinung sein, die den Untergang der Zelle zur Folge hat. Das Fortrücken des Inhaltes der Vacuolen soll durch stossweises Verkürzen und Strecken der Cylinderzellen erfolgen.

Schulze beschreibt die Vacuolen als Becherzellen, da ihr oberer erweiterter, offen stehender Theil (Theca) wie das Gefäss eines Römers mit einem verschmälerten Fuss, in dem ein Kern sich zeigt, auf der Membrana propria aufsitzt. Er fand die gleichen Organe ebenfalls im ganzen Darmcanal, den Darmdrüsen der Wirbelthiere. Im Epithel der Cloake, des Mastdarms bei

Amphibien und Reptilien, im Epithel des Oesophagus, des Rachens, der Mundhöhle, sowie in der Nasenschleimhaut des Frosches, auch auf der Oberhaut sehr vieler in Wasser lebender Wirbelthiere. An den noch lebensfrischen Barteln von Cobitis fossilis konnte er die Absonderung einer schleimigen Masse direct unter dem Mikroskope beobachten. Aus jeder der runden Oeffnungen der Becherzellen wölbte sich ein kleiner Hügel einer hellen, leichtgetrübten, wie Schleim aussehenden Masse hervor; derselbe wuchs ziemlich rasch in die Länge, schnürte sich dann an seinem unteren Ende etwas ein, sodass das Bild eines im Abtröpfeln begriffenen, zähen Siegellacktropfens entstand. Dann wurde diese untere halsartige Einschnürung immer dünner und zerriss zuletzt, das Klümpchen fiel ab, ein neuer Hügel derselben Masse erschien in der Mündung der Becherzelle, und es wiederholte sich mehrmals dasselbe Spiel. Deutlicher kann das Secerniren einer Zelle nicht beobachtet werden, und es ist mehr als wahrscheinlich, dass die Becherzellen einzellige Drüsen sind, die der Schleimabsonderung vorstehen.

Donders, der diese Becherzellen als veränderte Cylinderzellen beschreibt, behält sonach wenigstens für die Annahme, dass der Darmschleim theilweise aus diesen Organen stamme, Recht. Einzellige Drüsen finden sich bei niederen Thieren nicht selten.

Fettresorption.

Die oben gegebene Darstellung des Resorptionsvorganges wird vollkommen bestätigt durch die mikroskopischen Befunde am Darme in der Verdauung getödteter Thiere. Hiebei ergeben sich auch Anhaltspuncte für die nähere Erkenntniss der Wege der Fettaufnahme aus dem Darm.

Die Chylusgefässe am Darme zeigen sich etwa 4 Stunden nach Aufnahme fettreicher Nahrung alle reichlich mit einer weissen, milchähnlichen Flüssigkeit — Chylus — gefüllt, die bei näherer mikroskopischer Betrachtung durch feinste Fetttröpfchen, die in unzähliger Menge in ihr suspendirt sind, das undurchsichtige Aussehen erhält. Die Zotten zeigen ein sehr bemerkenswerthes Bild. Ueberall in dem Parenchyme zerstreut finden sich grössere oder geringere Anhäufungen von feinsten oder grösseren Fetttröpfchen und Tropfen. Die Cylinderepithelzellen selbst zeigen sich so reichlich mit Fettmoleculen, denen hie und da auch einzelne grössere Fetttröpfchen beigemischt sind, erfüllt, dass oft der Kern gar nicht mehr sichtbar ist. Ehe man die Canälchen in der Deckelmembran der Cylinderzellen, ehe man die wichtige Function der Galle kannte, die feinen Capillarwege der Zellen auch für Fett durchgängig zu machen, war diese Fetterfüllung sehr räthselhaft. Die bedeutendsten Mikroskopiker und Physiologen glaubten sich genöthigt anzunehmen, dass im groben Sinne offene Wege aus dem Darm in die Lymphgefässe existirten, in welche das Fett in so grossen Tropfen hereingepresst werden könnte, wie sie sich in den Zotten des verdauenden Darmes finden. Kölliker konnte mit dem Mikroskope feine Tröpfchen Fett innerhalb der Zelldeckelmembran, also innerhalb ihrer feinen Canälchen, nachweisen. Diese sammeln sich innerhalb der Zelle zu grösseren Tröpfchen und werden von da aus in das Canalsystem der mit den Epithelien communicirenden Bindegewebskörperchen angesaugt. So sehen wir sie oft in

ziemlich regelmässigen, manchmal netzförmig verzweigten Wegen, die ganz den Eindruck von Capillaren machen, die Zotte erfüllen, und dem centralen Chylusgefässe zustreben, das, durch die Erfüllung mit dem fettreichen Safte ausgedehnt, deutlich erkennbar ist. Hie und da ist die Fettanhäufung durch die ganze Zotte so gleichmässig, dass sie dadurch ganz undurchsichtig erscheint. In anderen Fällen finden sich nur sehr wenige bandartige Streifen mit undurchsichtigem Fette erfüllt im Gewebe. (E. H. Weber, Funke).

Die Hauptmasse des Fettes wird zweifelsohne in den Zotten des Dünndarmes resorbirt. Auch in den Epithelzellen der übrigen Dünndarmschleimhaut finden sich unter den gleichen Verhältnissen Fettanhäufungen. Bei säugenden Thieren fand Kölliker Fett auch in den Epithelzellen des Magens. Aus dem bisher Erkannten geht hervor, dass die Aufnahme des Fettes vor allem der Filtration durch die Zotten ihre Ermöglichung verdankt. Die Galle macht die Porenwege für Fett durchgängig, das sich dann leicht in die ihm vorgezeichneten Wege einpressen lässt. Das Fett gelangt zum grössten Theil direct zuerst in die Chylusgefässe.

Betheiligung der Blutcapillaren an der Resorption.

Eine grosse Reihe von Thatsachen beweist, dass auch die Blutcapillaren des Darmes an der Resorption sich betheiligen und Stoffe aufnehmen. Wir werden nicht irren, wenn wir diese Resorption durch die Blutcapillaren allein auf Rechnung der Osmose setzen. In den Blutgefässen kreist das Blut, eine eiweisshaltige Flüssigkeit. Das endosmotische Aequivalent des Eiweisses ist fast $= \infty$, d. h. für Spuren von Eiweiss gehen unbegrenzte Mengen Wasser durch Diffusion auf die Seite des Eiweisses, wenn wir durch eine thierische Membran getrennt Eiweiss und Wasser einander gegenübersetzen. Vor allem wird es also Wasser sein, welches theilweise ausser in die Chylusgefässe auch in die Blutgefässe des Darmes direct übergeht. Aber auch bei den wahren Lösungen, bei denen wir nach den Beobachtungen die Aufnahme nahezu nach den Gesetzen der Diffusion eintreten sehen: Peptonlösungen, Salzlösungen etc. scheint es nicht unwahrscheinlich, dass die Blutcapillaren sich mit an den Aufsaugungen betheiligen. Die genannten wahren Lösungen bedürfen zu ihrer Resorption auch nicht der Darmsaugeinrichtungen. Sie können schon in der Mundhöhle, in der Speiseröhre, im Magen aufgenommen werden, wie sie es auch werden, wenn man sie direct in eine frisch angelegte Wunde bringt. Man glaubt gewöhnlich, dass die feuchten Epithelmembranen der Diffusion keinen sehr bedeutenden Widerstand entgegen setzen. Doch ergeben meine Untersuchungen mit ganz frischen, lebenden thierischen Membranen, Schleimhäuten vom Darm oder Magen, dass die Imbibitionsfähigkeit derselben durchaus nicht so gross ist, wie sie die auf Osmose fussende Resorptionstheorie forderte. Sie sind in Wahrheit, so lange sie ganz lebensfrisch sind, für indifferente Flüssigkeiten fast undurchgängig, so lange das Epithel nicht verletzt ist. Die stark sauere oder alkalische Reaction des Chymus wird von diesem Gesichtspuncte aus auch für die Resorption wichtig, da sie die Diffusion erleichtert.

Das Blutgefässsystem und die Lymphgefässe theilen sich also in die aufzunehmenden Stoffe. Für die Fette wird der endosmotische Vorgang im Darme trotzdem, dass die Durchtränkung der Gewebe mit Galle sie ermöglicht stets nur ein geringer sein. Dass er wirklich stattfindet, geht aber mit Sicherheit daraus hervor, dass das aus dem Darme stammende Blut der Pfortader während der Verdauung einen bedeutenderen Fettreichthum erkennen lässt als andere Blutarten aus anderen Körpergegenden. Dasselbe scheint auch für die Eiweissstoffe zu gelten. Wenn sie auch durch die Verdauungssäfte die Fähigkeit zu diffundiren erlangen, so bleibt dieselbe doch, obwohl sie nach Funke zehnmal grösser ist als die des Eiweisses selbst, immer noch eine sehr geringe, das endosmotische Aequivalent der Peptone ist im Verhältnisse zu dem anderer Stoffe z. B. Zucker, Salze, Säuren etc. immer noch ein sehr hohes. Je langsamer der endosmotische Vorgang verläuft, desto sicherer unterliegen die Stoffe der activen Aufsaugung durch die Darmzotten: Eiweissstoffe und Fett gelangen daher zum grössten Theil in die Anfänge der Chylusgefässe. Ebenso geht dahin auch der grösste Antheil der leicht diffundirenden Stoffe wie sich schon aus der Betrachtung des Vorganges ergeben würde, auch wenn sie in dem Chylus nicht mit Sicherheit schon nachgewiesen wären: Zucker, Salze, Milchsäure. Sehr merkwürdig ist es, dass kein Zucker in der Pfortader nachgewiesen werden kann, es scheint danach, als ob gar keiner durch reine Diffusion aufgesaugt würde. Es scheint darin ein Fingerzeig zu liegen, wie ungemein gering überhaupt der Diffusionsvorgang im Darme zur Wirksamkeit kommt.

Es sind also vor allem: Wasser, anorganische Salze, Eiweissstoffe, Fette Zucker und einige Umsatzproducte desselben, gemischt mit wieder aufgenommenen Resten der Verdauungssäfte selbst, welche das Blut durch die Chylusgefässe aus dem Darme aufnimmt. Die direct in das Blut aus dem Darm gelangenden Stoffmengen sind verhältnissmässig gering.

3.

Die Lymphe und der Chylus.

Es ist also das Chylusgefässsystem mit seinen Anfängen im Darme die wichtigste Quelle für die Erneuerung des Blutes. In Beziehung auf die directe Aneignung grösserer Quantitäten von Fett ist keine andere Aufnahmsquelle mit dieser zu vergleichen. Man darf bei der Wichtigkeit der Chyluszufuhr für das Blut aber nicht übersehen, dass die Ernährung des Blutes aus dem Darme nur ein specieller Fall der Ernährung und Erneuerung des Blutes in allen Körperorganen sei. Wo das Blut die Organe durchströmt, trifft es auf Gewebsflüssigkeiten, welche die wichtigsten Blutbestandtheile: Eiweissstoffe, Salze, Zucker etc. in sich enthalten. Es muss wie im Darme so auch dort ein Diffusionsverkehr zwischen den Organflüssigkeiten und dem Blute eintreten, der je nach dem Gehalte der beiden an den betreffenden Stoffen zu einer Mehrung oder Minderung derselben im Blute führen muss. Dazu kommt noch, dass in allen Organen sich eben solche Gefässe wie die Chylusgefässe im Darme

finden, in welche die Gewebsflüssigkeiten mit all ihren Stoffen sich ergiessen: die Lymphgefässe, welche diese aus den Geweben empfangenen Stoffe gemischt mit denen vom Darm stammenden gemeinschaftlich dem Venensystem zuführen. Besonders bei Betrachtung des Hungerzustandes wird diese Gleichheit der Functionen der Darm- und sonstigen Organlymphgefässe ersichtlich. Die Organe dienen dann als Reservoir's, aus denen das Blut die verbrauchten Stoffe sich ersetzt. Die festen Organbestandtheile werden dabei nach und nach verzehrt, sie werden verflüssigt und in die allgemeine Säftemasse zur Betheiligung an den Actionen derselben übergeführt. Es müssen dazu verflüssigende, verdauende Einwirkungen in den festen Geweben genau ebenso stattfinden wie an den festen in den Darmcanal zur Verdauung aufgenommenen Stoffen. Es ist nicht undenkbar, dass das Pepsin, das bei der Resorption mit in die Säftemasse aufgenommen wird in Organen mit leicht saurer Reaction dieselben auflösenden Wirkungen entfaltet, wie im Darme. Sicher setzt wenigstens die Wiederlösung der in den Organen fest gewordenen Eiweissstoffe eine analoge Fermentwirkung wie die des Pepsines oder des Eiweiss verdauenden Pancreasfermentes voraus. Die Lymphbildung in den Organen ist selbstverständlich eine immerwährend fortgehende Function; beständig wird mit dem Chylus gemischt auch Lymphe dem Blut zugeführt. Innere und äussere Ernährung — wenn wir als letztere die vom Darm aus bezeichnen wollen — findet stets gleichzeitig statt, nur überwiegt die Darmaufnahme zu gewissen Zeiten, während zu anderen die Aufnahme aus den Organen die bedeutendere ist.

Chylus und Lymphe sind also dem Wesen nach gleichbedeutende Begriffe. Der Chylus ist die Darmlymphe.

Bau der Chylus- und Lymphgefässe und Drüsen.

Chylus- und Lymphgefässe bilden zusammen ein vielverzweigtes Röhrensystem, welches in seinem Baue mit dem Venensysteme im Wesentlichen übereinstimmt. Im Allgemeinen ist der Verlauf der Lymph- und Chylusgefässe aus der Anatomie bekannt. Bemerkenswerth ist ihr Reichthum an Klappen, welche den Venenklappen ganz entsprechen. Die grösseren Lymph- oder Chylusgefässe betitzen wie die Blutgefässe drei Häute. Die Intima besteht aus einer Epithellage von verlängerten Zellen aufliegend auf elastischen Fasernetzen. Die Media setzt sich aus querverlaufenden glatten Muskelfasern mit ebenfalls querlaufenden elastischen Fasern zusammen. In der Adventitia laufen die Bindegewebsfasern, aus denen sie besteht, der Länge nach, unter ihnen zeigen sich auch bei sehr feinen Lymphgefässen längslaufende organische Muskelfasern, wodurch sie sich von den feinen Venen unterscheiden lassen. Bei dem Ductus thoracicus schiebt sich zwischen das Epithel der Intima und die elastischen Fasernetze noch eine längsstreifige Lage ein. Die Media beginnt mit einer zarten längslaufenden Bindegewebslage (Kölliker).

Ueber den Ursprung der Lymphgefässe sind die Untersuchungsacten noch nicht geschlossen. So viel scheint fest zu stehen, dass sie, wie schon mehrmals erwähnt, mit den Bindegewebskörperchen-Netzen in Zusammenhang

stehen, dass diese gleichsam als feinste Lymphcapilleren anzusehen sind — VIRCHOW etc. — Nach KÖLLIKER finden sich auch echte Capillaren, an denen man keine Schichtung der Wand und kein Epithel mehr beobachten kann. Bei den Batrachierlarven, an deren Schwänzen er diese Lymphcapillaren auffand, schienen sie sich ihm aus sternförmigen Zellen — Bindegewebskörperchen — zusammenzusetzen. Andere bedeutende Beobachter nehmen an, dass die Anfänge der Lymphgefässe in wandungslosen Gewebslücken beständen, die sich erst im weiteren Verlaufe in die eigentlichen Lymphgefässe ergössen. Das centrale Chylusgefäss der Darmzotten mit seinen capillaren Verzweigungen gilt Vielen ebenfalls für wandungslos.

F. v. RECKLINGHAUSEN zeigte an einigen Capillaren des Lymphgefässsystemes ähnliche activ wirkende Apparate zur Einsaugung von Flüssigkeiten, wie wir sie in den Darmzotten kennen gelernt haben. Er fand, dass die Lymphgefässe des Centrum tendineum des Zwerchfelles in der Bauchhöhle Flüssigkeiten, welche kleine Körperchen suspendirt enthalten, aus der Bauchhöhle resorbiren. Diese Resorption lässt sich direct unter dem Mikroskop (bei 3—400facher Vergrösserung) beobachten. Bringt man mit Zuckerwasser verdünnte Milch auf ein sorgfältig ausgeschnittenes Stück der peritonealen Fläche des sehnigen Zwerchfellabschnittes, so sieht man über den oberflächlichen Lymphgefässen Strudel entstehen, welche die Milchkügelchen in das Lumen derselben einführen; auch rothe Blutkörperchen passiren dieselben, ohne ihre Gestalt zu ändern. Die Oeffnungen, in welche die Körperchen eintreten, sind etwa 3mal so gross wie ein rothes Blutkörperchen, meist von ovaler Gestalt an der Stelle gelegen, wo mehrere Epithelzellen des Bauchfells zusammenstossen.

Die seröse Flüssigkeit der Bauchhöhle, welche Lymphkörperchen enthält, scheint von diesen Saugorganen beständig während des Lebens eingesaugt, also aus anderen Quellen ebenso beständig wieder in die Bauchhöhle ergossen zu werden. Sodass wir also auch hier jenem überall beobachteten ununterbrochenen Wechsel der Stoffe begegnen. Die mechanischen Ursachen der Einsaugung, welche an den betreffenden Mündungen selbst gelegen sind, konnte RECKLINGHAUSEN nicht auffinden.

Die Flüssigkeiten, welche in die Wurzeln der Lymph- und Chylusgefässe eintreten, sind in ihrer chemischen Zusammensetzung natürlich bedingt von der Mischung des im Darme enthaltenen Chymus und der specifischen Gewebe, aus denen sie stammen. Es leuchtet ein, dass somit grosse Verschiedenheiten hier obwalten müssen. Je nach der gereichten Nahrung, je nach dem Zustand der Verdauungsorgane, je nachdem die Aufsaugung durch die Blutgefässe eine grössere oder geringere Rolle spielt etc., wird der Chylus sehr wechselnde Zusammensetzung zeigen. Bei Hungernden sind die Chylusgefässe mit einer durchsichtigen, nur sehr schwach opalescirenden Flüssigkeit gefüllt, wenn reichlich Fett in der Nahrung enthalten war, zeigt dieselbe Flüssigkeit jenes beschriebene milchähnliche Aussehen. Wir wissen, wie verschieden in den einzelnen Geweben und Organen der Stoffumsatz sich gestaltet. Es ergiebt schon eine einfache Ueberlegung, dass die Lymphe aus jedem Organe eine andere Stoffmischung zugeführt erhalten muss; so verschieden die Parenchymflüssigkeiten sind, so verschieden wird die Zusammensetzung der Lymphe sein, die aus den betreffenden Organen herkommt. Die Chemie hat in Beziehung auf

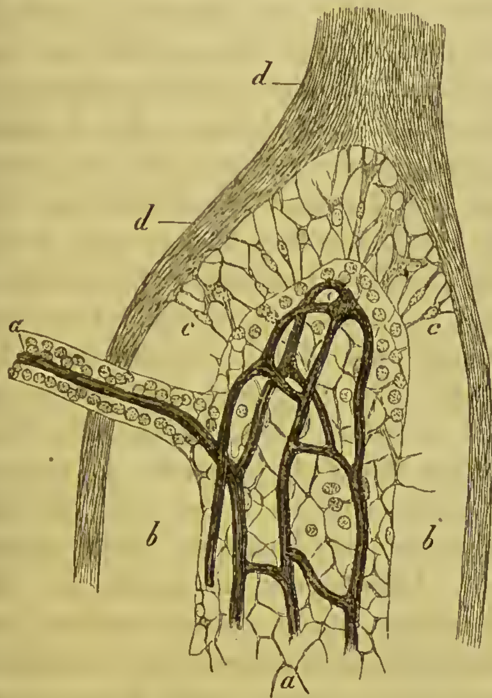
diese Fragen noch Alles zu leisten. Nirgends noch kennen wir die fragliche Zusammensetzung der zur Lymphe oder zu Chylus werdenden Flüssigkeiten. Ueberall, wo wir untersuchen können, sind die Flüssigkeiten dadurch, dass sie schon Lymphdrüsen passirt haben, in ihrer Zusammensetzung specifisch verändert. Wir kennen die Lymphe und den Chylus nur in schon verändertem, dem Blute verähnlichtem Zustande, wie ihn die Lymphdrüsen hergestellt haben.

Unter die Lymphdrüsen sind vor allem die Follikel zu rechnen, die wir schon so oft erwähnen mussten. Die zartesten Lymphgefässe führen den rohen Saft ihnen zu, sie mischen ihm dann aus ihrem Inhalte geformte Elemente: Lymphkörperchen bei, unter deren Einwirkung der Chemismus der Lymphe und des Chylus seinen specifischen Charakter erhält. Die grösseren Lymphdrüsen zeigen in ihrem anatomischen Bau einige nicht zu verkennende Analogie mit diesen einfachsten Drüsenformen. Man kann bis zu einem gewissen Grade mit Recht sagen, dass die complicirteren Lymphdrüsen combinirte Follikel seien.

Die Lymphdrüsen des Menschen besitzen einen bindegewebigen Kern: Hilusstroma (His), der eine Anzahl grössere Blutgefässverästelungen und wahrer Lymphgefässe in sich einschliesst. An jeder Drüse finden sich zuführende und abführende Lymphgefässe. Auf dem Drüsendurchschnitt zeigt sich eine Scheidung zwischen Mark- und Rindensubstanz, erstere ist beim Menschen sehr gering. Der feinere Bau ist nach den neuesten Untersuchungen von Frey, His, Kölliker etc. folgender. Jede Drüse hat eine Hülle, welche ein reiches Balkennetz von sich in das Innere der Drüse abgehen lässt, wodurch diese in eine grosse Anzahl von unter einander communicirenden Hohlräumen getrennt wird, die in der Rinde mehr rundliche Gestalt haben und als Alveolen bezeichnet werden und eine ziemlich scharfe Abgrenzung zeigen; im Innern der Drüse sind die von den Balkennetzen gebildeten Hohlräume mehr länglich, strangförmig, vielfach unter einander verbunden. Die Hülle besteht mit ihren Balkennetzen bei dem Menschen vorzüglich aus Bindegewebe, dem aber eine nicht unbedeutende Zahl glatter Muskelfasern beigemischt ist. Bei Säugethieren (Ochsen) finden wir sie fast ganz aus Muskelfasern bestehend. Innerhalb dieser Alveolen und schlauchförmigen Hohlräume liegt nun das eigentliche Drüsengewebe. Die Drüsensubstanz besteht vor allem aus einer grossen Menge jener uns schon bekannten rundlichen Zellen, die auch den Follikelinhalt ausmachten, welche ganz die Form und das Aussehen der Lymphkörperchen an sich tragen. In der Mitte jeder Alveole findet sich ein festerer Kern der Drüsensubstanz. Er zeichnet sich dadurch aus, dass er Blutgefässe in sich enthält, nach aussen hin ist der Zusammenhang der Zellen lockerer, es finden sich keine Blutgefässe. Pinselt man an gehörig zubereiteten Drüsenschnitten diese aussen liegenden Zellen möglichst ab, so erkennt man, dass sie nicht ganz frei in den Alveolen liegen, sondern dass sie in ein Netz feiner, aus Bindegewebskörperchen bestehender, von den Balken abgehender Fasern eingebettet sind. Im Innern des Alveoleninhaltes wird auch dieses Netz dichter und befestigt sich an die Oberfläche der Blutgefässe (Fig. 67). Dieser festere, mittlere Drüsenkern in jeder Alveole, welcher nach der Gestalt der Balkenhohlräume in der Rindensubstanz mehr kugelig, in der Marksubstanz mehr strangförmig ist: bekommt im ersteren

Fall den Namen: Rindenknoten, im zweiten: Markstrang. Die weniger festen, blutgefässlosen Umhüllungsschichten dieser Centraldrüsengebilde werden als Lymphräume, Lymphsinus, Umhüllungsräume bezeichnet. Wie gesagt, dürfen wir sie uns nicht als blose Hohlräume vorstellen. Mit Ausnahme der Gefässe zeigen sie sich wenn auch von lockererem Gefüge doch ebenso gebaut wie die Rindenknoten und Markstränge. Da die Alveolen alle unter einander in offner Verbindung stehen, so befinden sich die Markgebilde alle mit einander in Verbindung, sie würden im Ganzen isolirt eine vielverzweigte und verbundene Figur darstellen. Ihre Bindegewebsfasern verdichten sich am Rande der Drüsensubstanz etwas mehr, sodass sie sich von den rings umgebenden Lymphräumen sie doch mehr weniger abschliessen, ohne dass eine eigentliche Membran vorhanden wäre. Die Lymphräume stehen ebenso wie die eigentliche Drüsensubstanz durch die ganze Drüse hindurch in ununterbrochener Verbindung, und stellen somit ein vielverzweigtes Canalnetz dar zwischen den Balken und der eigentlichen Drüsensubstanz.

Fig. 67. (*K.*)



Aus der Marksubstanz einer von der Arterie mit Chromblei eingespritzten Mesenterialdrüse des Ochsen. Ausgepinselt und 300mal vergr. *a*. Ein Markstrang, in dem das Capillarnetz, das feine Reticulum und noch einzelne Lymphkörperchen sichtbar sind; *bb*. denselben umgebender Lymphgang, in dem das überall vorhandene aus kernhaltigen Zellen bestehende Reticulum nur bei *cc*. gezeichnet ist. Die Lymphkörperchen des Lymphganges sind ausgepinselt. *dd*. Fast ganz aus glatten Muskeln bestehende Balken, *á*. ein kleiner Markstrang mit nur einem Blutgefässe und mit Lymphzellen gefüllt.

Das Verhalten der Lymphgefässe zu den Lymphdrüsen ist nun folgendes. Die zuführenden Gefässe treten an die Hülle heran, durchsetzen diese und münden in je einen Lymphraum ein. Auf der entgegengesetzten Seite sammeln sich die abführenden Lymphgefässe wieder aus den Lymphräumen. Es geht also die Bahn des Lymphstromes vom Vas afferens aus durch die Lymphräume der Rinde und des Markes zum Vas efferens. Auf diesem Wege, den sie sicher nur äusserst langsam zurückzulegen vermag, indem sie hindurchsiekert, nimmt die Lymphe stets einen Theil der lose im Bindegewebsnetz eingebetteten Zellen mit sich, die sich aller Wahrscheinlichkeit nach aus dem Drüsenkern immer von neuen ersetzen. Nach Brücke u. A. finden sich in der Lymphe, nachdem sie eine Drüse passirt hat, mehr Lymphkörperchen als vorher. Auch bedeutende chemische Umwandlungen müssen in den Lymphdrüsen vor sich gehen, da sich der hinter ihnen in den Lymphgefässen befindliche Saft wesentlich vor allem schon durch die Zumischung von Zellen von den Chymus und den Gewebsflüssigkeiten, aus denen er entstanden, unterscheidet.

Zusammensetzung des Chylus und der Lymphe.

Die Lymphe lässt stets eine farblose Flüssigkeit und beigemischte, farblose, kernhaltige Zellen unterscheiden, welche mit denen im Inhalte der Lymphdrüsen identisch sind und ebenso mit den später zu besprechenden weissen Blutkörperchen (Fig. 68). Ueberdiess zeigt das Mikroskop feine Fettpartickelchen und Kerne. Die Lymphflüssigkeit: Lymphplasma gerinnt wie das Blutplasma spontan und scheidet Faserstoff aus. Mit Ausnahme des Blutfarbstoffes finden sich in der Lymphe überhaupt alle chemischen Bestandtheile des Blutes schon vor und wie es scheint in ganz ähnlicher Mischung wie dort: verschiedene Eiweissarten, Fett, das aber nur sehr selten als feinste Körnchen sichtbar wird, Zucker, die Blutsalze, Wasser, unter den Extractivstoffen ist Harnstoff nachgewiesen worden. Der Chylus aus dem Ductus thoracicus verdauender Thiere unterscheidet sich im Allgemeinen chemisch von der Lymphe hauptsächlich durch seinen enormen suspendirten Fettreichthum während der Verdauung fetthaltiger Nahrung; er enthält auch Harnstoff. Unter dem Mikroskope zeigt er, wie schon erwähnt, jene Masse moleculäres Fett hier und da nach Stehen untermischt mit grösseren Fetttröpfchen, das Fett giebt ihm seine Undurchsichtigkeit und weisse Farbe. Bei Thieren (Hunden) wird er beim längeren Stehen an der Luft etwas röthlich gefärbt, was von rothen Blutkörperchen herrührt, die sich ihm fast immer beigemischt finden und die bei Thieren für keinen anormalen Bestandtheil zu halten sind. Sie werden da sie leichter sind als die weissen Körperchen an der Oberfläche des Chyluskuchens beim Stehen angehäuft.

Fig. 68. (*K.*)



Elemente des Chylus. *a.* Durch theilweise Zusammenziehungen sternförmig gewordene Lymphkörperchen, *b.* freie Kerne, *c.* ein solcher von einigen Körnchen umgeben, *d. e.* kleine Lymphzellen, die einen mit deutlichem Kerne, *f. g.* grössere Zellen, eine mit sichtbarem Kerne, *h.* eine solche nach Zusatz von wenig Wasser, *i.* Essigsäure.

Der Chylus lässt seine Abstammung aus den verdauten Nahrungsstoffen in gewissen Verschiedenheiten je nach der Nahrungsweise noch erkennen. Nach fettfreier Nahrung ist der Chylus durchsichtig wie Lymphe, wie diese durch die beigemischten Zellen nur leicht opalescirend, ebenso im nüchternen Zustand; man beschreibt diesen Chylus dann als Darmlymphe. Die Fette des Chylus zeigen je nach dem aufgenommenen Fett Verschiedenheiten, sie sind flüssig oder leicht erstarrend, je nachdem flüssiges oder festes Fett aufgenommen wurde. Jedes der feinen Fettstäubchen ist mit einer Eiweisshülle umgeben. Auch seifenartige Verbindungen aus der Fettzersetzung im Darm durch das Pancreassecret stammend können nachgewiesen werden.

Ebenso zeigt ein Theil der Albuminstoffe des Chylus noch die Eigenschaften der Peptone, ein anderer grösserer Theil zeigt sich schon als Serumeiweiss, ganz wie dieses im Blut sich findet, ein anderer Theil lässt sich durch Essigsäure fällen, ist also Kalialbuminat (Caseïn), ein vierter, sehr geringer, schon durch Kohlensäure: Globulin. Ausserdem findet sich in dem gewonnenen Chylus Fibrin.

Der Zucker — Traubenzucker — ist im Chylus nicht immer vorhanden; er findet sich besonders nach zucker- oder stärkereicher Kost, was seine Aufnahme in den Chylus aus dem Darme beweist. Der Zuckergehalt kann zwischen 1—2 % betragen. Nach Stärkefütterung fand Lehmann milchsaure Salze im Chylus.

Das Vorkommen von Harnstoff in dem Chylus, das Wurtz entdeckte, ist insofern interessant, da daraus hervorgeht, dass wenigstens ein Theil des Harnstoffs, der aus der Nahrung stammend den Organismus verlässt, schon im Darm und seinen Geweben, Lymphdrüsen?, gebildet wird. Im Chylus von Rindern fanden sich etwa 0,2 pr. mill Harnstoff (0,192 und 0,189). Daraus, dass in der Halslymphe 0,213 Harnstoff gefunden wurden, darf nicht gefolgert werden, dass er in der Lymphe in grösserer Menge vorhanden sei, wenn man die Versuchsschwierigkeiten bei einer quantitativen Harnstoffbestimmung in eiweisshaltigen Flüssigkeiten bedenkt. Bei einem Widder fanden sich im Blute 0,25 pr. mill, dagegen im Chylus: 0,28.

Die chemische Zusammensetzung der Lymphdrüsen ist so gut wie unbekannt. Gorup-Besanez giebt in den Lymphdrüsen von Thieren und Menschen Leucin (Frerichs und Städeler) und xanthinähnliche Körper als Bestandtheile an. Oidtmann fand in einer Inguinaldrüse einer alten Frau:

Wasser	71,4 %
feste Stoffe	28,5
davon Salze	1,2.

Es geben also diese Thatsachen keine Anhaltspuncte, um auf die Stoffvorgänge in den Lymphdrüsen Schlüsse zu gestatten. Sodass die aufgetretene Annahme, dass sie die Hauptstätten der Harnstoffbildung seien, analog wie für die Milz nachgewiesen wurde, dass in ihr die Harnsäure der Hauptmasse nach entstehe (H. Ranke), für's erste nicht mehr als eine, freilich eine Prüfung zu lassende, Hypothese ist.

Als Beispiel der quantitativen Zusammensetzung mag die Analyse des Chylus eines Hingerichteten nach Owen Rees dienen:

Wasser	90,5 %
feste Stoffe	9,5
Faserstoff	Spur
Albumin	7,1
Fette	0,9
Extractivstoffe	1,0
Salze	0,4

Die Zusammensetzung der anorganischen Stoffe ist sehr bemerkenswerth. Es findet sich darin ein Gehalt an Eisen, welches wahrscheinlich von dem Hämatin beigemischter rother Blutkörperchen stammt. Die Hauptmasse besteht aber aus Kochsalz, gegen welches alle anderen Bestandtheile sehr zurücktreten.

Nach den Bestimmungen von C. Schmidt an Chylus von Pferden waren enthalten in 1000 Gramm Chylus:

Chlornatrium	5,84
Natron	1,17
Kali	0,13
Schwefelsäure	0,05

an Alkalien gebundene Phosphorsäure	0,05
phosphorsaurer Kalk	0,20
phosphorsaure Magnesia	0,05
Eisen	Spur (0,004).

Die Trennung der Analyse in Serum und Chyluskuchen zeigt, dass im Verhältniss in letzterem, der die Chyluskörperchen oder Zellen enthält, das Kali etwas überwiegt, es findet sich aber Kali auch in dem Serum, in 1000 Serum 0,11, in 1000 Kuchen 0,70. Doch ist die Kalimenge überhaupt so gering, dass daraus ein wichtiger Unterschied zwischen dem Chylus und dem Blut erwächst, den wir erst in der Folge werden würdigen können.

Alle diese Bestimmungen werden erst ihren Werth erhalten, wenn vergleichende Bestimmungen über die in der Nahrung enthaltenen Salze und die im Chylus sich findenden vorhanden sein werden. Es kann jetzt immer noch scheinen, als wäre der Hauptgrund der eigenthümlichen Salzvertheilung in dem Chylus nur in der Salzzufuhr zu suchen. Ein vergleichender Blick auf die Zusammensetzung der Lymphasche, welche weniger diesem Verdachte unterliegt, zeigt aber doch, dass wir es hier wahrscheinlich mit Mischung aus inneren Gründen zu thun haben, da sonst die sich zeigende unverkennbare Uebereinstimmung beider nicht erklärlich wäre. C. Schmidt fand in der Asche der Lymphe aus dem rechten Halslymphstamme eines jungen Pferdes

1000 Lymphe enthielten:

Chlornatrium	5,67
Natron	1,27
Kali	0,16
Schwefelsäure	0,09
an Alkalien gebundene Phosphorsäure	0,02
phosphorsaure Erden	0,26.

In dem Kuchen = den Lymphkörperchen überwiegen relativ die Kalisalze über die Natronsalze noch bedeutender als das bei dem Chylus der Fall war, umgekehrt ist es im Lymphserum. In 1000 Serum sind 0,11 Kali, in 1000 Kuchen 1,07 Kali. Ebenso ist es mit der Phosphorsäure.

Nasse fand in der Pferdelymphe kohlensaures Alkali: 0,06%. Dähnhardt auch in der Lymphe vom Menschen.

Ueber die Verschiedenheiten der Zusammensetzung der Lymphe bei verschiedenen physiologischen Zuständen ist noch fast Nichts erforscht.

Die Untersuchungen von C. Schmidt lassen die Lymphe in so vollkommener Weise in chemischer Abhängigkeit von dem Blute erscheinen, dass es mehr als wahrscheinlich ist, dass sich auch bei ihr vor allem die verschiedenen Ernährungszustände von grosser Bedeutung zeigen werden, die wir bei dem Blute die Zusammensetzung bestimmen sehen.

Doch wäre es falsch die Lymphe als ein einfaches Transsudat aus dem Blute ansehen zu wollen. Schon der hohe Zuckergehalt zeichnet die Lymphe vor dem Blute aus und lässt sie als einen eigentlichen Gewebssaft erscheinen. Der Zucker ist ein constanter Lymphbestandtheil und findet sich nicht nur in der Lymphe der Leber z. B. sondern auch in der Halslymphe zum Beweise, dass ihr auch andere Gewebe (Muskeln) beständig Zucker beimischen. Nach Poiseuille und Lefort war während der Verdauung an Zucker pr. mill

	im arteriellen Blute:	im Inhalt der Duct. thor:	in der Halslymphe:
bei einem Hunde	Spuren	1,09	1,66
Pferde	0,69	2,20	4,42.

Nach dem Hungern soll die Lymphe wasserärmer (Krause) sein als nach Nahrungsaufnahme nach Gmelin auch albuminreicher. Nach dem Durchgang durch die Lymphdrüsen fand Gmelin die Lymphe ebenfalls procentisch etwas reicher an Albumin.

Nach Bidder beträgt die tägliche Chylusmenge etwa $^1/_6$—$^1/_4$ des Körpergewichts. Ludwig und Krause berechnen für die Lymphmenge die enorme Grösse von $^1/_4$—$^2/_5$ des Körpergewichts. Es beweisen diese Zahlen wenn nicht mehr doch so viel, dass es ein sehr gewaltiger Säftestrom ist, welcher den Organismus von Zelle zu Zelle durchfliesst und den Stoffverkehr besorgt.

Aus zufällig entstandenen Lymphgefässfisteln und Lymphgefässwunden hat man Lymphe vom Menschen in grosser Quantität zur Untersuchung gewonnen. Die Resultate geben, da sie sich nicht auf bekannte physiologische Zustände beziehen nur ein ungefähres Bild der Stoffmischung, die sich hier finden kann. Beispielsweise stehen hier Analysen von Lymphe einer gesunden 39jährigen Frau aus einer Lymphgefässwunde am Oberschenkel gewonnen, es flossen im Tage bis gegen 3000 Gramm ab, nach Gubler und Quévenne:

	I.	II.
Wasser	939,87	934,77
feste Stoffe	60,13	65,23
Faserstoff	0,56	0,63
Albumin	42,75	42,80
Fett	3,82	9,20
Extractivstoffe . .	5,70	4,40
Salze	7,30	8,20

Bei derartigen Fisteln würde es unschwer möglich sein, den Einfluss verschiedener Nahrung und anderer physiologischer Bedingungen experimentell zu untersuchen. Die vorstehenden Untersuchungen zeigen, dass der Fettgehalt der Lymphe nicht unbeträchtliche Schwankungen bei demselben Individuum erkennen lässt; es wird das wahrscheinlich aus der verschiedenen Ernährungsweise sich erklären lassen.

Die Chemie der Lymphe ist ein Capitel, welches dem Untersucher noch ein reiches Feld der Thätigkeit darbieten würde.

Die Gase der Lymphe sind noch wenig bekannt. Dänhardt fand durch Kochen austreibbare Kohlensäure in der Menschenlymphe, die in der Lymphe an Natronphosphat gebunden war.

Ein directer Nerveneinfluss auf die Lymphabsonderung wie etwa bei den Drüsen hat sich noch nicht nachweisen lassen. Muskelkrämpfe beschleunigen zwar den Ausfluss aus Chylus- und Lymphfisteln aber nur durch die mechanische Pressung auf die gefüllten Gefässe.

Bewegung der Lymphe in den Lymphgefässen.

Sie geht nur langsam und unter einem weit geringeren Druck als in den Blutgefässen vor sich; zweifellos sind es die Widerstände in den Lymphdrüsen, welche die Strömungsgeschwindigkeit so sehr beeinträchtigen. Die Kräfte, welche die Lymphbewegung erzeugen, sind grossentheils dieselben, welche wir bald als die Bewegungskräfte des Blutes in den Nerven wiederfinden werden. Vor allem ist zu nennen die durch die Athmungsorgane und ihre Thätigkeit entstehende Aspiration des Thorax, welche auf die Lymphbewegung von Einfluss sein muss, da ja die Einmündungsstelle der Lymphstämme in das Venensystem in dem Brustraume sich befinden. Die reichliche Anwesenheit der Klappen macht jeden äussern Druck, ausgeübt auf die Lymphgefässe, zu einer Fortbewegungsursache für ihren Inhalt, da ein Rückfliessen der einmal vorwärts weggepressten Lymphe durch die sich entgegensetzenden Klappen verhindert wird, derselbe Grund hindert von vornherein ein Rückwärtspressen, mag der Druck stattfinden wie und wo er will. So reichen schon die Zusammenziehungen der die Lymphgefässe umlagernden Körpermuskeln hin, um die Lymphe und Chylus (ebenso wie das Venenblut) vorwärts der Einmündungsstelle zu zu pressen, man hat das experimentell erhärtet. Auch der Saugmechanismus am Anfange der Chylusgefässe in den Zotten wird dadurch, dass er aus den Anfängen den Inhalt in die weiteren Gefässe einpresst und den vorher dort befindlichen also fortschieben muss, eine Gesammtbewegungsursache. Ein eigentliches Centralbewegungsorgan für die Lymphe, wie es das Blut im Herzen besitzt, fehlt beim Menschen und den meisten Thieren. Bei den Amphibien finden sich kleine, rhythmisch sich contrahirende Lymphherzen, ebenso bei einigen straussähnlichen Vögeln.

Anhang: Nahrungsbedürfniss.

Die Nahrungsaufnahme, an welche die Fortdauer des Lebens geknüpft ist, wurde nach den Gesetzen der Natur nicht der absoluten Willkür des Individuums überlassen. Die Natur verwendet zur Sicherung der Erfüllung ihrer Hauptzwecke in der organischen Welt: der Erhaltung des Geschlechtes und der Erhaltung des Einzelwesens unwiderstehliche Triebe, welche instinctmässig zu den Handlungen, die dem Naturzwecke entsprechen, antreiben und ihre regelrechte Ausübung lehren.

Eine Reihe eigenthümlicher Gefühle, die wir als Hunger und Durst kennen, veranlasst den Menschen, Nahrung zu sich zu nehmen.

Die örtliche Hungerempfindung ist anfänglich auf den Magen beschränkt und scheint vom Nervus vagus angeregt zu werden. Es sind drückende, nagende Gefühle, mit Bewegungen, Zusammenziehen, Uebelkeit, Gasanhäufung später mit Schmerzen verbunden.

Der Grund des Hungers liegt zweifellos in gewissen Veränderungen der sensiblen Magennerven und zwar durch die mangelnde Blutzufuhr zum leeren Magen bedingt. Es scheint, dass sobald die Blutmenge, welche

durch die Capillaren der Magenwand strömt, unter eine bestimmte Grösse in der Zeiteinheit herabsinkt, die dadurch gesetzte Störung der Nervenernährung zum Bewusstsein kommt. Es geht daraus hervor, dass jede stärkere Anfüllung mit Blut, welche die Magengefässe ausdehnt, das Hungergefühl unterdrückt. Bei krankhafter Congestion ebenso wie durch Anfüllung des Magens mit Speisen, welche die Drüsennerven reizt und stärkeren Blutzufluss erzeugt. Alles, was die Blutmenge des Körpers überhaupt vermindert, erzeugt normal auch Hunger: Muskelanstrengungen, Stoffverluste (Samen-, Milch-, Eiterverlust), Wachsthum, Ansatz nach Krankheiten.

Auch durch gewisse Eingriffe in die chemischen Vorgänge der Nerven kann das Hungergefühl gestillt werden. Vor allem sehen wir mit diesem Erfolge die Einführung gewisser narcotischer Genuss- oder Arzeneimittel verbunden: Tabak (Nicotin), Opium, Alkohol; vielleicht wirken einzelne dieser Stoffe zugleich darum hungerstillend, weil sie den Blutzufluss zu dem Magen steigern, letzteres ist wenigstens vom Alkohol, dessen Missbrauch zu chronischer Congestion der Magenschleimhaut führt, mehr als wahrscheinlich.

Die Betheiligung des Nervus vagus am Hungergefühle ist durch Vivisectionen noch nicht deutlich nachzuweisen gewesen. Hunde und Katzen fressen auch nach der Durchschneidung des Vagus am Halse noch. Man schliesst auf ihn als Hungernerven, weil er andere Empfindungen des Magens vermittelt. Bei hohem Grade von Hunger scheinen sich endlich auch die sensiblen Nerven des Dünn- und Dickdarmes mit an dem Hungergefühl zu betheiligen. Sie vermitteln letzteres allein, wenn durch Behinderung des Magenabflusses, der Magen gefüllt ist, aber Nichts in den Darm gelangen kann, wobei dann doch das Bedürfniss nach Mehrzufuhr von Nahrung eintritt. Letzteres kann gestillt werden, wenn in den Dünn- und Dickdarm Nahrung eingeführt wird (Tiedemann, Busch).

Ein Theil des Hungergefühls ist ein psychischer Vorgang. Es deprimirt den Geist, zur gewohnten Zeit, keine Nahrung aufzunehmen. Dass wir es bei dem gewöhnlichen Hunger Gesunder in vielen Fällen nur mit der unbefriedigten Gewohnheit der Nahrungszufuhr zu thun haben, ergiebt die Thatsache, dass der Hunger rasch wieder verschwindet, wenn zur gewohnten Zeit keine Speisen genossen wurden. Alle intensive geistige Beschäftigung unterdrückt wie andere Empfindungen auch den Hunger. Das Gefühl der Hinfälligkeit bei längerem Hunger ist weit entfernt, wahre Kraftlosigkeit zu sein.

Bei meinen Beobachtungen über Hunger an mir selbst, war das Befinden nach Schluss des ersten Hungertages noch vollkommen ungestört. Nach 41 bis 47 Stunden war nach unruhigem Schlafe etwas Schwere im Kopf, Magendrücken und ziemliches Schwächegefühl vorhanden. Das Nahrungsbedürfniss zeigte sich nicht mehr. Geringe Quantitäten getrunkenen kalten Wassers erregten Brechneigung. Erst einige Stunden nach sehr geringer Nahrungszufuhr (Kaffe) stellte sich normaler Appetit ein. Das Hungergefühl war nach etwa 30 Stunden Hunger am lebhaftesten. Das Verschwinden des Hungers ohne Nahrungsgenuss zeigt, dass auch die sensiblen Magennerven schliesslich ermüden.

Bei längerem Hungern stellt sich endlich wirkliche, immer mehr zunehmende Kraftlosigkeit ein, Abmagerung, Fieber, Irrereden, die heftigsten Leidenschaften abwechselnd mit tiefster Niedergeschlagenheit. Der Magen zieht sich

zusammen, die Absonderungen werden immer spärlicher: Eiter der Wunden, Milch, Speichel, Gift der Schlangen, (krankhafte Secrete) werden nicht mehr abgesondert.

Die Versuche über die Lebensdauer hungernder Thiere und Menschen ergeben, dass warmblütige Thiere am wenigsten ausdauern. Niedere Wirbelthiere hungern ausserordentlich lang: ein Proteus anguinens lebte 5 Jahre lang in erneuertem Brunnenwasser. Auch Wassersalamander, Schildkröten kann man Jahre lang ohne Nahrung erhalten, Schlangen halbe Jahre (J. Müller); ein afrikanischer Scorpion lebte ohne Nahrung 9 Monate.

Vögel leben 5—28 Tage, Hunde 25—36 Tage ohne Speise und Trank. Gesunde Menschen ertragen Hunger und Durst gewöhnlich nicht viel länger als eine Woche, selten mehr als zwei Wochen, Kranke, besonders Irre, viel länger. Durch Wasseraufnahme kann der Hunger länger ertragen werden. Tiedemann führt Fälle an, in welchen Hungernde, welche Wasser geniessen konnten, 50 und mehr Tage ausdauerten.

Monate oder Jahre langes Fasten ist Betrug. Manche Krankheitszustände setzen aber das Nahrungsbedürfniss ungemein herab; besonders thun das gewisse Rückenmarksleiden, bei denen vielleicht an das Kaltblütigmachen von Säugethieren durch gewisse Rückenmarksverletzungen, wie Bernard gelehrt hat, gedacht werden darf. Bei alten, sehr wasserreichen Individuen ist das Nahrungsbedürfniss oft ebenfalls ungemein gering, entsprechend dem sehr verminderten Gewebsumsatz.

Sehr merkwürdig ist die Bemerkung Magendie's, dass, wenn man Thiere eine längere Zeit mit einem zum vollkommenen Ersatz unzureichenden Nahrungsstoffe gefüttert hat, mit dem allein sie zuletzt umkommen müssten, sie durch Herstellung ihrer gewöhnlichen Nahrung endlich nicht mehr gerettet werden können. Das Thier frisst zwar mit Begierde, doch stirbt es ungefähr zur selben Zeit, bei der es bei dem theilweisen Hunger unter der vorigen Nahrung zu Grunde gegangen wäre.

Das Durstgefühl, welches uns zur Wasseraufnahme treibt, besteht in Empfindung von Trockenheit, Rauheit und Brennen im Schlunde, dem weichen Gaumen und der Zungenwurzel. Durchtränkung und Befeuchtung dieser Partien stillt den Durst, sodass daraus hervorgeht, dass die Durstnerven in jenen Schleimhautabschnitten endigen (Vagus?, Glossopharyngeus?, Trigeminus?).

Der letzte Grund der Erregung der Durstnerven beruht zweifellos in Wasserentziehung. Sie kann durch allgemeinen Wasserverlust des Blutes durch Schweiss, verstärkte Wasserabgabe in den Lungen oder durch den Harn nach starker Salzzufuhr zu dem Blute, welche die Harnabsonderung steigert, nach starken wässerigen Darmentleerungen eintreten, ebenso aber durch locale Vertrocknung der dursterregenden Schleimhautabschnitte. So kann analog der Durst wie durch örtliche Befeuchtung des Rachens auch durch directe Einführung von Wasser in's Blut z. B. durch Einspritzen gestillt werden.

Es schien früher unerklärlich, warum im Hungerzustande das Bedürfniss nach Flüssigkeitsaufnahme schwindet. Abgesehen von der localen Einwirkung auf die Magenschleimhaut ist hier aber an die Thatsache zu denken, dass durch Hunger die Gewebe wasserreicher werden, wie C. Voit an Katzen, ich an Fröschen gezeigt haben.

Dem Nahrungsbegehren steht entgegen das Gefühl der Sättigung und zuletzt das des Ekels, des Abscheues vor Nahrungsaufnahme verbunden mit antiperistaltischen Magenbewegungen, die zur Entleerung des Magens führen können: Erbrechen.

Das Gefühl der Sättigung ist sowohl ein locales als ein allgemeines. Das locale besteht in einem leichten Druckgefühl von dem gefüllten Magen auf die Bauchdecken und das Zwerchfell hervorgebracht. In allgemeiner Beziehung äussert sich die Sättigung im Gefühl der Kraft, verbunden mit Heiterkeit und Bonhommie.

Die Uebersättigung ist davon als eine krankhafte Erscheinung wohl zu trennen: sie zeigt sich in vermehrtem, empfindlichem Magendrücken und Gefühl der Völle, allgemeiner Abgeschlagenheit, Müdigkeit, Unlust zu Bewegungen und geistigen Beschäftigungen, Missmuth. An einer früheren Stelle wurden schon diese Erscheinungen erwähnt und auf die Anwesenheit gewisser Stoffe im Blute zurückgeführt (Milchsäure, Kalisalze etc.), welche in geringen Mengen erregend, in grösseren ermüdend wirken.

Mit dem Gefühl der Sättigung hört das Verlangen nach Nahrungsaufnahme auf; bei Uebersättigung erregt die Erinnerung an Speisen durch Geruch etc. ein Ekelgefühl, das bis zur Brechneigung steigen kann.

Es scheint, dass dieses Gefühl des Ekels, das deutlich vom Magen ausgeht, theilweise in einer Ueberreizung der Magennerven durch übermässige Blutzufuhr beruht. Bei der Darreichung von Tartarus stibiatus in brechenerregender Dosis, auch wenn er subcutan eingespritzt wurde, tritt eine bedeutende Blutcongestion gegen die Magenschleimhaut ein, die (bei Fröschen) bis zum Bluterguss in den Magen steigen kann. Für diese Annahme spricht auch, dass sich das Gefühl der Sättigung, Uebersättigung, Ekel eines aus dem andern ohne scharfen Uebergang entwickeln, sodass sie alle aus derselben Ursache in verschiedener Stärke einwirkend erklärt werden müssen.

In anderen Fällen beruht das Ekelgefühl, wenigstens die Brechneigung, sicher auf reflectorischen Reizen. Kitzeln der Rachenhöhle, Schleimanhäufung an dieser Stelle, gewisse Gerüche und Geschmäcke etc. wirken auf diesem Wege.

Man nimmt an, dass der Genuss einiger besonderer Speisen Hunger erregen könne. Man hat diesen Vorgang bisher meist missverstanden. Da das Verschwinden des Hungergefühles unter Umständen auf einer Art von Halbparalyse der Hungernerven beruht, so kann der Hunger in diesem Falle dadurch erregt werden, dass durch anfänglich geringe, normale Lebensreize die Erregbarkeit der Nerven wieder erhöht wird. Beispiele dafür liefern meine u. A. Beobachtungen bei Hunger. Jedem ist bekannt, dass stets nach den ersten Bissen der normale Appetit nicht abnimmt sondern steigt. So ist die Appetitsreizung durch gewisse Gerichte z. B. Austern zu verstehen.

III.

Die
Physiologie des Blutes.

I. Das Blut.

Zehntes Capitel.

Das Blut und die Blutdrüsen.

Allgemeine Functionen des Blutes.

Die Aufgaben, welche das *Blut* im Organismus zu erfüllen hat, sind wesentlich zweierlei Art. Es hat *zuerst* den Organen die Stoffe zu liefern, welche diese zu ihrer Thätigkeit bedürfen, also die innere Organernährung zu besorgen. Die Thätigkeit aller Organe beruht im Wesentlichen auf dem regelmässigen Fortgang von Verbrennungsvorgängen. Das Blut führt, um das Organleben zu erhalten, ihnen nicht nur das oxydirbare Material, sondern auch den oxydirenden Sauerstoff zu, der in gewissem Sinne auch als ein Nahrungsstoff und zwar als der wichtigste aufgefasst werden kann. Neben diesen Ernährungsleistungen des Blutes, die sich im Allgemeinen als eine Stoffzufuhr zu den Organen kennzeichnen, fällt dem Blute die *zweite* Hauptaufgabe zu, die in den Organen unbrauchbar gewordenen, oder unverbraucht austretenden Stoffe, aus diesen wieder aufzunehmen. Letztere werden theilweise anderen Organen als Nahrungsstoffe zugeführt, soweit sie zur Theilnahme an den Organfunctionen noch geschickt sind. Ein nicht unbeträchtlicher Theil der Organzersetzungsstoffe hat aber jene giftigen Wirkungen auf die Gewebe in denen sie entstanden, die wir schon in der Physiologie der Zelle im Allgemeinen kennen gelernt haben und die wir bei der speciellen Physiologie des Muskel- und Nervengewebes noch im Einzelnen besprechen werden. Es gehören hierher vor allem die höchsten Oxydationsproducte der Gewebsstoffe, wie sie den Organismus auf den Wegen der Ausscheidung durch Lungen, Haut und Nieren theilweise auch durch den Darm verlassen. Diese Oxydationsproducte hat das Blut aus den Geweben in sich aufzunehmen und, nachdem sie in einzelnen Fällen noch zur Erzeugung gewisser physiologischer Wirkungen gedient haben, den Ausscheidungsorganen zu übergeben.

Diesen wichtigen Aufgaben genügt das Blut vor allem als Flüssigkeit, die durch den Mechanismus des Herzens in beständiger Bewegung erhalten wird. Die vielverzweigten Röhrensysteme der Arterien und Venen lösen sich an ihren Berührungspuncten zu einem ungemein zarten Netze der feinsten Gefässe auf, deren für Flüssigkeiten leicht durchgängige Wandungen dem Stoffverkehr

durch Diffusion zwischen Gewebsflüssigkeit und Blut kein Hinderniss entgegensetzen. Dadurch dass das Blut sich beständig durch Neuaufnahme von Stoffen aus dem Darm sowohl als aus den Geweben in seiner Concentration und Zusammensetzung verändert; dadurch dass es gewisse Stoffreihen beständig wieder aus sich entfernt, behält es fortwährend die Fähigkeit, den osmotischen Verkehr mit den Gewebsflüssigkeiten zu unterhalten. Es wird somit das kreisende Blut auch zur Bewegungsursache für den mächtigen Säftestrom von Zelle zu Zelle, der den Organismus in breitem Bette unablässig durchströmt und als dessen Grund wir die Endosmose kennen gelernt haben. Die beständige Veränderung des Blutes durch Stoffaufnahme und Abgabe macht eine endliche Ausgleichung der Zusammensetzung in den beiden, gegen einander diffundirenden Flüssigkeiten unmöglich, sodass also niemals ein Ruhezustand erfolgen kann. In dem hohen Eiweissgehalt des Blutes haben wir, da das endosmotische Aequivalent des Eiweisses $= \infty$ ist, eine Hauptbewegungsursache für das in den Darm als Nahrungsstoff aufgenommene oder von den Verdauungsdrüsen in denselben mit ihren Secreten ergossene Wasser in das Blut und die allgemeine Säftemasse. Trotz ihres zweckmässigen Baues versagen die Organe ohne das Blut den Dienst sehr bald vollkommen. Es rechtfertigt diese Betrachtung die hohe Meinung der Alten von dem Blute, das man als das eigentliche Lebensprincip ansah, ja das von Philosophen des griechischen Alterthums (Kritias in Arist. de anim. L. I, c. 2) sogar geradezu als Seele bezeichnet wird.

Wenden wir uns zu seiner näheren Betrachtung.

Physikalische Analyse des Blutes.

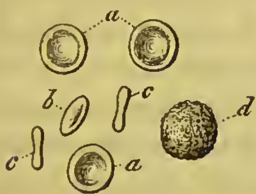
So lange das Blut in den Blutgefässen sich bewegt, besteht es aus einer farblosen oder schwach hellgelblich gefärbten, etwas klebrigen Flüssigkeit: dem Blutplasma — Plasma sanguinis — von alkalischer Reaction, salinischem Geschmack und eigenthümlichem Geruche und aus einer sehr bedeutenden Anzahl in dieser Flüssigkeit schwimmenden zelligen Elementen, welche zum grössten Theile roth gefärbt, zum kleineren farblos sind. Beide werden als Blutkörperchen, Blutzellen — Corpuscula sanguinis — bezeichnet und als rothe und weisse Blutkörperchen oder Zellen unterschieden. Sobald das Blut die lebende Gefässwand verlässt, tritt in ihm ein Gerinnungsvorgang ein; ein albuminähnlicher Stoff: Faserstoff, Fibrin scheidet sich aus dem Plasma aus und bildet aus dem vorhin flüssigen Blute einen Kuchen: Blutkuchen, welcher alle Blutkörperchen in sich einschliesst. Nach kurzer Zeit beginnt dieser sich zu contrahiren und presst eine helle, gelbliche Flüssigkeit: Blutserum aus sich heraus, welches als Plasma minus Faserstoff zu betrachten ist. Die in dem Blutkuchen eingeschlossenen rothen Blutkörperchen geben diesem seine gesättigt rothe Farbe. Bei manchen Thieren z. B. beim Pferde immer, aber auch hie und da bei dem Menschen besonders während gewisser entzündlicher Allgemeinkrankheiten tritt die Blutgerinnung nicht momentan ein. Die rothen Blutkörperchen, welche daher etwas specifisch schwerer sein müssen als das Plasma, das im Durchschnitt ein specifisches Gewicht von 1,027

besitzt (das spec. Gew. des Gesammblutes beträgt im Mittel etwa 1,055; nach Welcker ist das specifische Gewicht der rothen Körperchen = 1,105) erhalten Zeit sich zu senken, sodass vor der Gerinnung eine blutkörperchenfreie obere Schicht auf dem Blute sich bildet, welche nur aus Plasma besteht. Gerinnt nun solches Blut, so sitzt dem sonst rothen Blutkuchen eine farblose oder weissgelbliche Schichte von grösserer oder geringerer Dicke auf, welche nur aus Faserstoff, weissen Blutzellen und eingeschlossenem Serum besteht, man hat sie, da sie in Beziehung zu den Entzündungskrankheiten zu stehen schien, als Crusta phlogistica bezeichnet. Die Gerinnung des Faserstoffes geschieht in faserigen, netzförmigen Zügen, welche, wenn der Gerinnungsvorgang ganz ruhig verlief, anfänglich die ganze Flüssigkeitsmenge in eine mehr oder weniger steife Gallerte verwandeln, obwohl die absolute Faserstoffmenge im Blute stets nur eine sehr geringe ist. Wird das Blut während des Gerinnens mit einem Stäbchen geschlagen, so scheidet sich der Faserstoff an dem Stabe in zähen Fasern ab, die durch Auswaschen in Wasser vollkommen weiss erhalten werden können.

Die rothe Farbe des Blutes rührt allein von den rothen Blutkörperchen her.

Sie sind beim Menschen mikroskopisch kleine rundliche Gebilde (Fig. 69.). Sie haben die Dignität von Zellen, besitzen aber keinen Zellenkern. Im Blute sind sie in so grosser Zahl vorhanden, dass unter dem Mikroskop das ganze Blut aus ihnen zu bestehen scheint. Vierordt's Verdienst ist es, zuerst die Blutkörperchen in einer bestimmten Menge Blut gezählt zu haben. Er fand in 1 Cub. Mm. etwas über 5000000 rothe Blutkörperchen. Bei Frauen soll diese für Männer geltende Durchschnittszahl im Mittel etwa um 500000 Körperchen geringer sein, also nur etwa 4500000 betragen. Rechnet man für den Erwachsenen 10 Pfd. Blut, so erhalten diese etwa 250000 Millionen B. k. Nach Welcker kommen auf je 500—350 rothe im normalen Blute ein weisses Blutkörperchen, nur im Milzvenenblute findet sich eine viel bedeutendere Anzahl weisser Körperchen, dort kommt ein weisses schon auf etwa je 70 rothe.

Fig. 69. (F.)

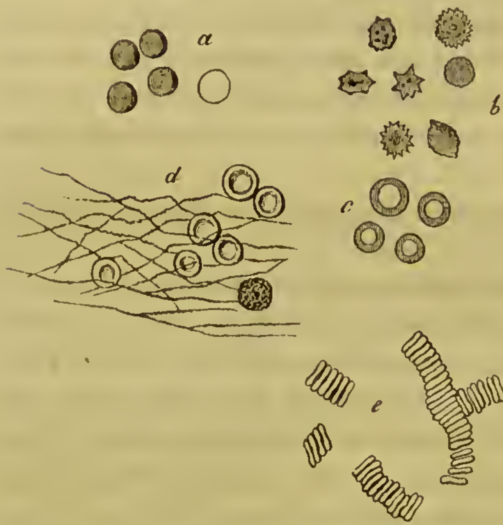


Blutzellen des Menschen; *a a* von oben, *b* halb, *c c* ganz von der Seite gesehen; *d* ein Lymphkörperchen.

Die Form der rothen Blutkörperchen ist scheibenförmig. Die Ränder der Scheibchen sind abgerundet, die beiden Flächen concav eingedrückt, sodass ihr Aussehen ziemlich biconcaven optischen Linsengläsern entspricht. Die centrale Depression stellt sich je nach der Einstellung des Mikroskopes bei der Betrachtung der Körperchen von der Fläche verschieden dar, entweder als ein heller oder ein dunkler mittlerer Fleck; im letzteren Falle könnte man leicht auf den Gedanken kommen, dass die betrachteten Gebilde kernhaltig seien. Von der schmalen Kante gesehen erscheinen die rothen Blutkörperchen als kleine in der Mitte verschmälerte leicht biscuitförmige Stäbchen. Wenn sie sich im gerinnenden Blute senken, so legen sie sich »geldrollenähnlich« mit der flachen Seite an einander. Wasserzusatz macht sie kugelig aufquellen, und endlich platzen, bei Verdunstung des Blutes oder durch Salzzusatz schrumpfen sie zackig ein (Fig. 70.). Unter dem Mikroskope erscheint ihre Farbe gelb-

roth, erst wenn sie in grösserer Anzahl vorhanden sind, entsteht die tiefgesättigte Farbe des Blutrothes. Ob sie eine Hüllenmembran besitzen, ist noch zweifelhaft. Kölliker nimmt sie an und lehrt, dass sie aus einer dem Blutfibrin ähnlichen Eiweissmodification bestehe. Sie umschliesst nach ihm den rothen Inhalt, der nach Rollett aus einem festeren Stroma, und dem eingelagerten rothen Farbstoff zusammengesetzt ist. Letzterer kann durch Entladungs- und Inductionsströme zum Austreten aus dem Stroma gebracht werden. Er färbt dann das Serum und das Blutkörperchenstroma bleibt ungefärbt zurück. Dasselbe bewirkt Gefrierenlassen des Blutes. Die Gesammtkörperchen und das Stroma für sich besitzen eine auffallende Elasticität, die ihnen erlaubt bedeutende Formveränderungen zu erleiden und diese wieder auszugleichen. Bei der Beobachtung des Blutkreislaufes unter dem Mikroskope, sieht man sie sich mit Leichtigkeit durch Capillaren hindurch zwängen, deren Lichtung weit geringer ist als der Durchmesser der Blutkörperchen. H. Welcker fand den Breitedurchmesser der rothen menschlichen Blutkörperchen bei Männern im Mittel zu 0,0077 Mm., ihre Dicke zu 0,0019 Mm. Blut von weiblichen Personen gab etwas niedrigere Werthe. Die Grössenschwankungen sind sehr bedeutend, das Maximum beträgt: 0,0086, das Minimum 0,0064 und noch weniger. Alle zwischen den beiden Endwerthen liegenden Grössen finden sich ziemlich gleichmässig vertreten. Bei dem eben genannten Durchzwängen werden die Körperchen vorübergehend elliptisch, stäbchenförmig. An vorspringenden Gewebskanten an scharfen Theilungsstellen zweier Capillargefässe — kann man sie hängen bleiben sehen vom Blutstrom nach beiden Richtungen hingezogen und gedehnt, sodass sie die Gestalt eines doppelten Zwerchsackes erhalten, indem ihr Mittelstück fast fadenförmig ausgezogen wird, während die beiden Enden keulenförmig anschwellen.

Fig. 70. (*F.*)



Menschliche Blutzellen; *a* unter Wassereinwirkung; *b* in verdunstendem Blute; *c* aufgetrocknet; *d* in geronnenem Blute; *e* rollenartig aneinander gelagert.

Die Grösse der Blutkörperchen hängt selbstverständlich von dem procentischen Wassergehalt des Blutes ab. Je wasserreicher das Blut ist, eine desto grössere Menge von Wasser wird sich auch in die Blutzellen imbibiren und diese bis zu einem gewissen Grade aufschwellen machen. Umgekehrt werden die Blutzellen kleiner werden müssen durch grössere Bluteoncentration. Es wird also mit der täglichen Veränderung der Blutmischung durch Nahrungsaufnahme ihre Gestalt wechseln müssen. Harting fand wirklich die Blutzellen nach einer reichlichen Mahlzeit etwas kleiner. Auch nach andauernden Muskelkrämpfen, in Folge deren das Blut concentrirter wird, sah ich die Blutkörperchen im Froschblute an Grösse im Durchschnitt etwas abnehmen.

Ausser den farbigen findet das Mikroskop im Blute auch noch die schon

namhaft gemachten weissen Blutzellen. Sie stimmen mit den Lymphzellen oder Lymphkörperchen vollkommen überein. Es sind wie jene runde, blasse Zellen, ihre Grösse beträgt im Mittel 0,0025—0,0055'''. Sie sehen feinkörnig aus mit unregelmässig körniger Oberfläche; der Kern scheint nur undeutlich durch. Hie und da finden sich an ihnen zwei oder selbst mehr Kerne, sodass sie genau wie Eiterkörperchen aussehen (Fig. 71.). Durch Essigsäure werden die Kerne sehr deutlich, indem sich der körnige Zellinhalt aufhellt. Neben solchen kleineren körnigen Zellen, kommen auch etwas grössere mit sehr durchsichtigem Inhalte vor, meist mit mehreren Kernen. — Die farblosen Zellen sind specifisch leichter als die farbigen. Während sich letztere im langsam gerinnenden Blute senken, schwimmen jene oben auf und werden in grosser Anzahl in die Speckhaut mit eingeschlossen. Unter gewissen krankhaften Umständen finden sich diese Körperchen sehr vermehrt im Blute vor. In der Leucämie können sich auf 7—21 rothe Körperchen schon 1 weisses finden.

Fig. 71. (F.)



Zellen der Lymphe; bei 1—4 unverändert; bei 5 erscheint Kern uud Schale; dasselbe bei 6, 7 und 8; bei 9 beginnt der Kern sich zu spalten, ebenso bei 10 und 11; bei 12 ist er in 6 Stücke zerfallen; bei 13 freie Kernmassen.

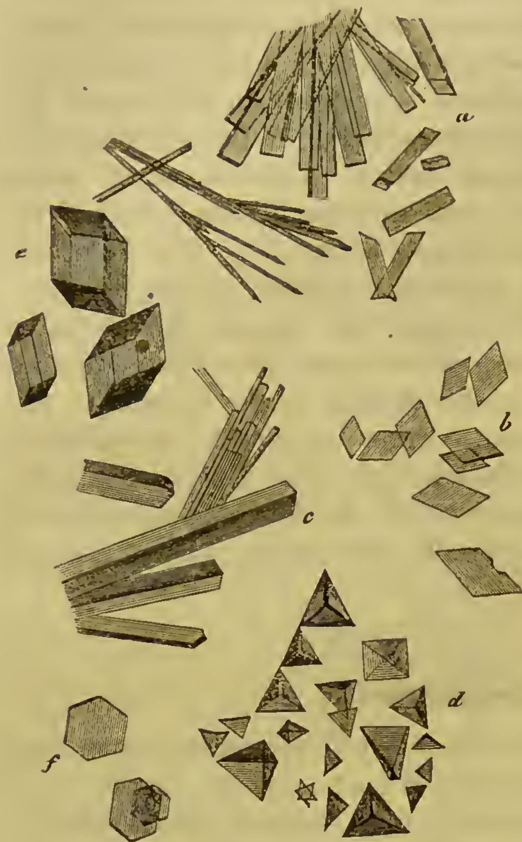
Chemische Blutbestandtheile.

Die chemische Analyse weist in den rothen Blutkörperchen jenen uns schon bekannten, rothen krystallisirbaren Farbstoff nach: das Haematokrystallin, Haematoglobulin oder Haemoglobin, welches durch gewisse chemische Einwirkungen leicht in einen Eiweisskörper Globulin und einen rothen krystallisirbaren Farbstoff, das eisenhaltige Haematin zerlegt werden kann. Innerhalb der lebenden Blutkörperchen ist das Haemoglobin nicht krystallisirt. Um die Krystallisation einzuleiten, genügt das Auswaschen des Farbstoffes durch Wasser aus den Blutkörperchen; dasselbe bewirken alle Einflüsse, welche den Blutfarbestoff lösen: Gefrieren und Wiederaufthauen des Blutes, Durchleiten elektrischer Schläge, Behandeln mit gereinigter Galle, mit Aether. Auch schon nach vollkommenem Entfernen der Blutgase kann Krystallisation des Farbstoffs eintreten. Tödtet man kleine Thiere: Mäuse, Ratten etc. mittelst Aetherdämpfen so krystallisirt ihr Blut sehr leicht (Fig. 72.). Die Gestalt der Krystalle ist verschieden; sie stellen sich als rothe Säulen, Nadeln oder Tafeln dar, alle aus dem rhombischen Systeme. Nur aus dem Eichhörnchenblut entstehen hexogonale Tafeln. Aus dem Fischblut scheinen die Krystalle immer ungefärbt. Alle lösen sich in Wasser sehr leicht auf. Ihre Färbung zeigt sich dichroitisch, indem sie im auffallenden Lichte roth im durchfallenden grün erscheint; die Anwesenheit von Sauerstoff hebt diesen Dichroismus auf, sodass er im arteriellen Blute fehlt.

Neben diesem Blutfarbestoff finden sich in den rothen Blutkörperchen ausser Wasser und gewissen Gasen noch Fette, die mit den Nervenfetten übereinzustimmen scheinen, man fand in ihnen das von O. Liebreich im Gehirn entdeckte Protagon; auch Cholestearin findet sich. Sehr wichtig ist

es, dass die Blutkörperchen sich in ihren Aschenbestandtheilen ziemlich genau so wie die Muskeln verhalten. Auch bei ihnen herrschen im Gegensatz zur Blutflüssigkeit die Kali- und Phosphorsäureverbindungen vor. Eisen und Mangan finden sich als Bestandtheil des Haematoglobulins ebenfalls in der Asche der rothen Blutkörperchen und fehlen im sonstigen Blute.

Fig. 72. (F.)



Blutkrystalle des Menschen und der Säugethiere. *a* Blutkrystalle aus dem Venenblut des Menschen; *b* aus der Milzvene; *c* Krystalle aus dem Herzblut der Katze; *d* aus der Halsvene des Meerschweinchens; *e* vom Hamster und *f* aus der Jugularis des Eichhörnchens.

Von den im lebenden Blute in der Blutflüssigkeit gelösten Stoffen haben wir schon einen: das Fibrin genannt und seine Gerinnung beschrieben. Es erhält seinen Namen erst, wenn er sich ausgeschieden hat. Man nimmt an, dass es im kreisenden Blute als eine fibrinogene Substanz vorhanden sei. Man glaubte früher, dass diese fibrinogene Substanz sich unter gewissen Umständen die eintreten z. B. dann wenn das Blut der Ader entzogen ist, spontan in Fibrin umwandle und so sich ausscheide. A. Schmidt hat gezeigt, dass diese Ausscheidung nur unter der Einwirkung einer bestimmten chemischen Substanz: der fibrinoplastischen Substanz, die in den rothen und weissen Blutkörperchen aber auch noch in vielen anderen Gewebsflüssigkeiten enthalten ist, stattfindet. Manche pathologische wässerige Ausschwitzungen in die Gewebe enthalten fibrinogene Substanz, ein Zusatz von einer minimalen Menge Blutes ruft deren Ausscheidung als Fibrin hervor, die ohne diesen Zusatz nicht eingetreten wäre. A. Schmidt glaubt, dass das Globulin (Paraglobin), das ausser in den Blutkörperchen ja auch noch in andern Gewebsflüssigkeiten vorkommt z. B. im Glaskörper, als fibrinoplastische Substanz zu betrachten sei. Es ist bisher noch immer räthselhaft, warum die Fibrinausscheidung im lebenden, kreisenden Blute nicht stattfindet, während sie auch in den lebenden Adern sofort eintritt, wenn das in diesen enthaltene Blut durch Unterbindung des Gefässes stockt, oder durch Reibung an Wandrauhigkeiten nur Verzögerung in seiner Bewegung erfährt. Wir haben es hier mit einem räthselhaften Einfluss der lebenden Gefässwand zu thun (Brücke), der bisher jeder genaueren Analyse getrotzt hat. Bei dem Aderlasse tritt das Blut ganz, bei der Stockung der Bewegung wenigstens der centrale Inhalt der Gefässe aus dieser Beeinflussung der Gefässwand heraus. Verzögert wird die Fibrinausscheidung, wenn auch nicht ganz aufgehoben, durch gewisse Zusätze zum Blut: wie Kohlensäure und andere schwache Säuren,

Alkalien, alkalische Salze. Der Zutritt der Luft *beschleunigt* die Gerinnung, ebenso eine Erwärmung bis auf 55° und Schlagen oder Quirlen.

Das Fibrin beträgt im Blute im Durchschnitt nur etwa 0,2 %.

Das *Blutserum* (das Blutplasma ohne Fibrin) besteht dem grössten Theile (etwa 90 %) nach aus Wasser. Die Hauptmasse an festen Stoffen macht das Serumalbumin, das Bluteiweiss aus. Die Eiweissmenge beträgt etwa 8 %. Die Asche des Blutserum enthält vorzüglich Natronsalze im Gegensatz zu den Kalisalzen der Blutkörperchen, verbunden mit Chlor und Kohlensäure.

Das was man sonst als Extractivstoffe des Blutes zusammenzufassen pflegte, hat sich durch genauere Analysen grossentheils schon jetzt als ein Gemisch von sehr verschiedenen Stoffen herausgestellt, die wir uns nach der Bekanntschaft mit den Quellen der Blutstoffe leicht selbst zusammenstellen können.

Der Chylus führt dem Blute vor allem *Fette* und Seifen zu, die noch wenig näher untersucht sind. Auch hier findet sich neben den wahren Fetten Cholestearin. Die Gesammtfettmenge im Blute ist gering, etwa 0,1—0,2 %. Ausser dem Fette findet sich auch Traubenzucker, der zum Theile aus der Nahrung stammt, theilweise aber auch aus Gewebsflüssigkeiten aufgenommen wird: aus der Leber, den Muskeln. Ausserdem kommen noch die übrigen Zersetzungsproducte der Eiweissstoffe der Gewebe vor. Nachgewiesen sind: *Harnstoff*, *Kreatin*, *Hippursäure*, *Sarkin*, zuweilen *Harnsäure* (bei Gicht).

Ueber das Verhalten der *Gase* im Blut werden wir erst etwas später näher zu sprechen haben; es finden sich: *Sauerstoff*, *Stickstoff* und *Kohlensäure*.

Es gelingt bisher nur unvollkommen, *Blutkörperchen* und *Plasma* eine gesonderten Analyse zu unterwerfen, da beide Blutbestandtheile mechanisch z. B. durch Filtration im Menschen- und Säugethierblut nicht zu trennen sind. Es kann hier nur das normale Senkungsbestreben der Blutkörperchen benutzt werden (Hoppe), das aber nur selten dazu führt, dass eine so grosse Blutschicht von Blutkörperchen frei wird, um genügendes Material für eine Plasmaanalyse zu liefern. Es ist klar, dass man durch eine Analyse des Gesammtblutes = Blutkörperchen + Plasma und eine weitere Analyse des Plasma desselben Blutes allein die nothwendigen Anhaltspuncte haben würde, um den Gehalt an Blutkörperchen und ihre chemische Zusammensetzung zu berechnen. Die Gesammtmenge des Plasma im Blute kann aus der Gesammtfibrinmenge bestimmt werden, da das Fibrin nur im Plasma vorkommt. Hat man also in einer Portion reinem Plasma das Fibrin bestimmt, so kann man aus der Fibrinmenge des Gesammtblutes leicht die Gesammtmenge des Plasma rechnen.

Hoppe machte auf diese Methode Analysen des Pferdeblutes, das sich durch das starke Senkungsbestreben seiner rothen Blutkörperchen auszeichnet.

In 1000 Theilen *Gesammtblut* waren:

Plasma	673,8
Blutkörperchen .	326,2

In 1000 Theilen *Blutkörperchen*:

Wasser	565,0
feste Stoffe . . .	435,0

In 1000 Theilen Plasma:

Wasser	908,4
feste Stoffe	91,6
Faserstoff	10,1
Albumin	77,6
Fette	1,2
Extractivstoffe	4,0
lösliche Salze	6,4
unlösliche Salze	1,7.

C. Schmidt hat nach einer etwas anderen Methode die Blutkörperchen und das Plasma einer gesonderten Analyse unterworfen. Als Beispiel diene seine Analyse des Blutes eines 25jährigen Mannes. Wenn wir hier auch keine absolut richtigen Zahlen vor uns haben, so sind die directen Ergebnisse der Analyse doch immer Annäherungen an die Wahrheit von um so bedeutenderem Werth, als wir bisher noch keine anderen Beobachtungen von gleicher oder grösserer Genauigkeit für sie substituiren können. Diesen Analysen verdanken wir vor allem die wichtige Kenntniss der verschiedenartigen Vertheilung der anorganischen Salze in Blutkörperchen und Plasma, aus welcher der rege Diffusions-Wechselverkehr zwischen diesen Hauptblutbestandtheilen hervorgeht, auf dem ihre gegenseitige, lebendige Beeinflussung der Hauptsache nach beruhen muss.

In 1000 Theilen Blut sind enthalten:

Blutzellen	513
Plasma	487

In 1000 Theilen Blutzellen:

Wasser	681,63
feste Stoffe	318,37
Haematin	15,02
Globulin	296,07
anorganische Salze	7,28
Chlorkalium	3,679
schwefelsaures Kali	0,132
phosphorsaures Kali	2,343
phosphorsaures Natron	0,633
Natron	0,341
phosphorsaurer Kalk	0,094
phosphorsaure Bittererde	0,060
Eisen	unbestimmt.

In 1000 Theilen Blutplasma:

Wasser	901,51
feste Stoffe	98,49
Fibrin	8,06
Albumin u. Extractivstoffe	81,92
anorganische Salze	8,51

Chlorkalium	0,359
Chlornatrium	5,546
schwefelsaures Kali	0,281
phosphorsaures Natron . .	0,271
Natron	1,532
phosphorsaurer Kalk . . .	0,298
phosphorsaure Bittererde .	0,218

Nach den oben gegebenen Auseinandersetzungen ist das Resultat der Analyse verständlich. Wie wichtig der Gehalt des Plasma an phosphorsaurer Kalk- und Bittererde für die Ernährung der Knochen sein müsse, leuchtet ein.

Gase des Blutes.

Ehe wir zur Betrachtung der physiologischen Schwankungen der Blutzusammensetzung übergehen, haben wir uns noch eingehender mit dem Gasgehalt des Blutes zu beschäftigen. Auf dem Wechselverkehr der Gase der Atmosphäre mit den Blutgasen, die in dem Verbrennungsprocess der Organe sich bilden — vor allem Kohlensäure —, beruht ja das Leben des Organismus.

Die Aufnahme des Sauerstoffs in das Blut ist zum grössten Theile unabhängig von den physikalischen Gesetzen der Gasdiffusion und erfolgt unter der Einwirkung einer Anziehung der Blutkörperchen und zwar ihres gefärbten Inhaltes gegen dieses wichtigste Lebensbedürfniss. Das Blutserum besitzt keine stärkere Anziehung zu Sauerstoff als einer Flüssigkeit von seinem Salzgehalte nach den allgemeinen Gesetzen der Gasdiffusion zukommt. Es absorbirt etwa soviel wie Wasser. Der Farbstoff der rothen Blutkörperchen bindet den Sauerstoff an sich ohne sich mit ihm zu zersetzen, und besitzt die Fähigkeit ihn wieder an andere Gewebe zur Oxydation abzugeben. Kühne beobachtete direct diese Sauerstoffabgabe an Flimmerzellen. Man hat die Blutkörperchen mit Schwämmchen verglichen, die den Sauerstoff in sich einsaugen. Die Verbindung ist so lose, dass der aufgenommene Sauerstoff von dem Blute für gewöhnlich durch dieselben Mittel getrennt werden kann, welche die Chemie dazu benutzt, ganz indifferente Gase aus Flüssigkeiten auszutreiben. Magnus, Lothar Meyer, Cl. Bernard, dann Setschenow, Sczelkow, Schöffer, Preyer in dem Ludwig'schen Laboratorium, in der neuesten Zeit Pflüger sind es, denen wir vor allem die Kenntniss des Gasgehaltes des Blutes verdanken. Sie haben die Gase, die sie untersuchten, aus dem Blute durch Auskochen, durch Einleiten anderer Gase, oder am besten durch Hereinbringen des Blutes in den luftleeren Raum (Toricelli'sche Leere) gesammelt.

Die Entdeckung Lothar Meyer's, dass der Sauerstoff des Blutes durch Zusatz von Weinsäure zum Blute so fest gebunden wird, dass er nun durch die eben genannten Methoden nicht mehr ausgetrieben werden kann, verspricht für die Erkenntniss des Verhaltens des Sauerstoffes im Blute von grosser Bedeutung zu werden, da sich die bei dem Stoffwechsel der Gewebe und des Blutes sich bildende Säure beständig dem Blute beimischt und dadurch eine bestimmte Sauerstoffmenge bindet.

Man hat lange daran fest gehalten, dass ihr Eisengehalt es sei, welcher den Blutkörperchen die Fähigkeit, Sauerstoff anzuziehen, ertheile. Soviel steht fest, dass nicht den Eiweisskörpern der Blutkörperchen die besprochene Eigenschaft zukommt. Auch nach der Trennung des Haematokrystallin's in Haematin und Globulin besitzt das Haematin noch Anziehungskraft auf Sauerstoff.

Es scheint nach den neuen Beobachtungen keinem Zweifel mehr zu unterliegen, dass der Sauerstoff im Blute in die active Form, in Ozon übergeführt wird, wodurch er erst die Fähigkeit erlangt, bei der normalen Körpertemperatur die zum Leben nöthigen Oxydationsprocesse einzuleiten. Es wirken auch hier wieder die rothen Blutkörperchen, nicht das Serum. A. Schmidt gelang es, die Ozonreaction von normalem Blute zu erhalten, nachdem es früher schon bekannt war, dass die Blutkörperchen das Ozon aus ozonhaltigen Flüssigkeiten in sich aufnehmen und auf andere durch Ozon leicht oxydirbare Stoffe übertragen. Als solche leicht oxydirbare Stoffe verwendete Schönbein, der Entdecker des Ozon's, vor allem Guajaktinctur, die sich durch Ozon lebhaft bläut, und Iodkaliumkleister, aus dem das Ozon das Iod frei macht und dadurch zur Bildung der bekannten tiefblauen Iodstärke Veranlassung giebt. Schönbein hat auch gezeigt, dass das Blut aus Antozon, einer anderen Modification des Sauerstoffes, die mit dem Ozon im gewöhnlichen »neutralen Sauerstoff« verbunden ist, und bei jeder Ozonbildung stets mit entsteht, auch Ozon zu bilden vermag.

Der absolute Sauerstoffgehalt des Blutes ist im venösen und arteriellen Blute verschieden, aber natürlich auch in keiner dieser Blutarten jemals constant, da ja die Menge der Blutkörperchen je nach den Lebens- und Ernährungszuständen beständigen Schwankungen unterworfen ist und dem venösen Blute bei langsamerem Laufe oder während der Thätigkeit der Organe, die es durchströmt, mehr Sauerstoff entzogen werden muss. Bei raschem Durchströmen des venösen Blutes behält es unter Umständen fast ganz die hellrothe Färbung des arteriellen Blutes und damit auch einen grösseren Theil seines Sauerstoffgehaltes bei.

Setschenow fand im Menschenblute 16,41 Volumprocente Sauerstoff, in dem Blute aus der Carotis eines Hundes 15,05 V. pCt. Im venösen Blute ruhender Muskeln fand Sczelkow etwa 6 V. pCt.

Setschenow hat auch die Blutgase erstickter Thiere untersucht und darin den Sauerstoff fast oder wirklich vollkommen verschwinden sehen, sodass sich nur noch Spuren oder keiner mehr durch Kochen und Auspumpen im luftleeren Raume austreiben liess.

Der Stickstoff ist im Blute nur einfach absorbirt enthalten. Er beträgt etwa 1—2 V. pCt. Magnus und Lothar Meyer fanden ihn hie und da in grosser Menge vor, letzterer in einem wie es scheint extremen Falle bis zu 5 V. pCt.

Der beobachteten Sauerstoffverminderung im venösen Blute entspricht eine Vergrösserung des Kohlensäuregehaltes desselben. Setschenow fand im Mittel im arteriellen Blute 30 V. pCt. Kohlensäure, Sczelkow im Blute ruhender Muskeln 35 V. pCt.

Der grösste Theil der Kohlensäure ist im Blute einfach absorbirt und kann durch die oben erwähnten physikalischen Mittel aus demselben abgeschieden werden. Ein anderer, kleinerer Theil kann erst durch Zusatz einer organischen Säure (Weinsäure) ausgetrieben werden, ist also chemisch gebunden. Die

Kohlensäurebindung besorgen nicht die Blutkörperchen. J. v. Liebig zeigte, dass das zweibasisch — phosphorsaure Natron — $2\,NaO + HO + PO_5$ — des Serums diese Eigenschaft besitzt, Kohlensäure an sich zu binden. Es leuchtet von selbst ein, dass einfach kohlensaures Natron, indem es sich zu doppelt-kohlensaurem Natron mit einem weiteren Antheil Kohlensäure verbindet, eine lose Bindung wie sie im Blute vorkommt, ebenfalls besorgen könnte. Das Experiment scheint aber seine Anwesenheit im Serum auszuschliessen (J. v. Liebig).

Als Beispiel des quantitativen Gasgehaltes mag eine Bestimmung der Blutgase von Setschenow im Menschenblute dienen.

In 100 Volum Blut waren:

Gesammte Gasmenge .	48,20
Sauerstoff	16,41
Stickstoff	1,20
Kohlensäure:	
frei	28,17
gebunden	2,32
gesammt	30,59

Oder 100 Volum Blutgase enthalten:

Sauerstoff . .	34,1 V. pCt.
Stickstoff. . .	2,4 ,,
Kohlensäure .	63,5 ,,

Als Mittelzahlen aus 10 Analysen der Gase von arteriellem Hundeblut aus dem Ludwig'schen Laboratorium, berechnen sich:

Gesammtgasmenge	= 45,9 Vol. pCt. bei 0° und 1 M. Hg. D.
Kohlensäure	= 29,7 ,,
Sauerstoff .	= 14,6 ,,
Stickstoff. .	= 1,6 ,,

Pflüger, dessen Auspumpungsmethode der Gase sicher die vollkommensten Resultate giebt, fand in 100 Volum arteriellen Hundeblutes:

Gesammtgasmenge	= 39,5 Vol. pCt. bei 0° und 1 M. Hg. D.
Kohlensäure	= 29,0 ,,
Sauerstoff .	= 7,9 ,,
Stickstoff. .	= 2,6 ,,

Diese analytischen Resultate beanspruchen nur den Werth von Beispielen; bei den ungemein grossen Schwankungen im Gasgehalte des Blutes unter verschiedenen Lebenszuständen des Thieres, von dem man das Blut gewonnen, sind Mittelwerthe von sehr untergeordneter Bedeutung.

Das Gesammtblut hat viel mehr Gase als das Serum. Nach den vergleichenden Analysen von Schöffer an Hundeblut angestellt ergaben sich in einem Versuche folgende Verhältnisse in Vol. pCt.:

	Gesammt-gasmenge:	davon Kohlensäure auspumpbar:	gebunden:
Blut:	41,48	24,62	1,59
Serum:	11,28	11,20	23,77.

Besonders ist das Gesammtblut weit reicher an Sauerstoff als das Serum, welches letztere ja wie gesagt Sauerstoff nur so viel enthält als es nach den Gesetzen der Gasabsorption zu lösen vermag. Dagegen scheint fast alle Kohlensäure dem Serum anzugehören.

In Beziehung auf die Gewinnungsmethode der Kohlensäure ist zu bemerken, dass nach der Methode von Pflüger ein Säurezusatz zum Blute zur Austreibung des letzteren nicht nöthig ist, da in dem Blute bei dem vollkommnen Entgasen eine Säure entsteht, welche die chemische Zersetzung selbst zu übernehmen vermag. Diese Säure des Blutes entsteht in oder aus den Blutkörperchen. Ehe man sie näher kennt, kann man sie als: Blutkörperchensäure benennen. Sie entsteht in grösserer Menge bei Anwesenheit von mehr Sauerstoff, also im arteriellen Blute und in venösem Blute das mit Luft geschüttelt wurde, wie sich aus den Beobachtungen von Schöffer und Preyer ergiebt, dass die Kohlensäure leichter aus den genannten Blutarten entweicht. Es scheint sich also die Säure durch Oxydation in dem Blute zu bilden. Nach den Untersuchungen Hoppe's entstehen bei der Zersetzung des Haemoglobin's stets neben den Hauptspaltungsproducten auch organische Säuren: unter denen er Ameisensäure und Buttersäure erkannte.

Schon Pflüger deutete darauf hin, dass eine Säurebildung im normalen, kreisenden Blute stets stattfinden möchte, die in ähnlicher Weise sich an der Austreibung der Kohlensäure betheiligen würde. Nach meinen Beobachtungen, dass bei in der Zeit gesteigertem Stoffwechsel im Tetanus das Blut sogar im lebenden Organismus sauer werden könne, ist diese Annahme keine Hypothese mehr.

Verschiedenheiten in der Blutzusammensetzung.

Es finden eine grosse Anzahl von Einflüssen auf die Zusammensetzung des Blutes auch im Einzelorganismus statt, und zwar nach den verschiedenen Gefässbezirken sehr wechselnde. Besonders war es die Pathologie, welche von vergleichenden Blutanalysen in Krankheiten sich eine grosse Hülfe für die Diagnose versprach, da man mit Sicherheit voraussetzen zu dürfen glaubte, dass die durch die krankhaften Stoffwechselverhältnisse des Körpers gesetzten Blutveränderungen gross genug sein würden, um sich der chemischen Analyse nicht zu entziehen.

Die Erwartungen der Pathologie wurden bisher getäuscht. Auch für die Fragen der Physiologie hat die Blutanalyse noch wenig geleistet. Der Grund liegt vor allem darin, dass die Methoden der Untersuchung noch immer eine vollkommnere Ausbildung vermissen lassen, und dass die normalen Verschiedenheiten der Blutzusammensetzung an ein und derselben Stelle, unter scheinbar unveränderten Bedingungen so gross sein können, dass auch bedeutende Schwankungen noch innerhalb der Grenzen der möglichen Fehlerquellen hereinfallen. Es sind nur einige immerhin für das Verständniss des Blutlebens wichtige Thatsachen durch die grosse Anzahl bisher angestellter Blutanalysen an das Licht gebracht worden.

Arterielles und venöses Blut.

Schon der alten Zeit ist der grosse Unterschied aufgefallen den das Blut in den beiden Hauptgefässabschnitten, im arteriellen und venösen Systeme zeigt. Diese Verschiedenheiten beziehen sich vor allem auf die Farbe der beiden Blutarten. Während das venöse Blut dunkel, fast blauroth erscheint und einen deutlichen Dichroismus erkennen lässt, ist das arterielle Blut hellroth und nicht dichroitisch. Man weiss, dass dieser Farbenunterschied sich von dem verschiedenen Gasgehalt des arteriellen und venösen Blutes herleitet. Schüttelt man venöses, dunkelrothes Blut mit Sauerstoff oder lässt es nur in dünner Schicht an der Luft der Berührung mit Sauerstoff ausgesetzt, so wird es bald hellroth. Leitet man dagegen Kohlensäure ein oder schüttelt man das Blut damit, so verliert es wieder seine hellrothe Farbe und wird dunkel. Treibt man im Vacuum alle Blutgase aus, so wird das Blut in einige Linien dicken Schichten schwarz.

Die Farbenänderung durch Sauerstoff rührt zumeist von einer directen Einwirkung desselben auf den Blutfarbestoff her. Auch Blutfarbestoff ausserhalb der Blutzellen zeigt noch die hellere Röthung durch Sauerstoff. Die dunkle Farbe scheint nur das Resultat des Sauerstoffmangels zu sein, keine directe Einwirkung der Kohlensäure, da sie ja wie angegeben am stärksten im ganz gasfreien Blute auftritt. Das mit Sauerstoff beladene Haemoglobin wird als Oxyhaemoglobin von dem sauerstofffreien als dem reducirten Haemoglobin unterschieden. Von dem Auftreten von reducirtem Haemoglobin rührt vor allem der Farbenunterschied und der Dichroismus des venösen Blutes her. Das Oxyhaemoglobin ist monochromatisch.

Einen Antheil an den Veränderungen der Farbe scheinen aber auch die Blutkörperchen selbst zu haben und zwar durch Gestaltsveränderungen, die sie erleiden können. Verdünnt man Blut etwas mit Wasser, so wird seine Farbe dunkler, dem venösen ähnlicher, setzt man zu dunklem Blute irgend ein Salz, um die Flüssigkeit concentrirter zu machen, so wird die Farbe mehr arteriell. Es ist unzweifelhaft, dass durch die Verdünnung mit Wasser und durch den Salzzusatz zu dem Blute die Form der Blutkörperchen eine andere wird. Durch Wasser schwellen sie auf und verlieren mehr weniger ihre biconcave Gestalt, durch den Salzzusatz wird letztere noch ausgeprägter. Man hat in sinnreicher Weise diese Formschwankungen als Grund der Farbenänderung herbeigezogen. Jedes normale biconcave Körperchen muss als Hohlspiegel wirken, der das Licht concentrirt zurückwirft. Die kugeligen Flächen der gequollenen Blutkörperchen werden dagegen das Licht zerstreuen. Harless wollte gesehen haben, dass auch der Sauerstoff auf die Blutkörperchen contrahirend, Kohlensäure aber aufschwellend wirken.

Gorup-Besanez stellt die von Nasse, Lehmann, Wiss u. A. gefundenen Unterschiede im arteriellen und venösen Gesammtblute übersichtlich zusammen.

	Arterienblut:	Venenblut:
Temperatur . .	etwa um 1° C. höher	niedriger
Farbe	heller und nicht dichroitisch	dunkler und dichroitisch
Gasgehalt . . .	relativ mehr Sauerstoff	relativ mehr Kohlensäure
Wasser	mehr	weniger
Fibrin	mehr	weniger
Blutkörperchen	weniger	mehr
Albumin . . .	keine constante Differenz	keine constante Differenz
Fette	desgl.	desgl.
Extractivstoffe .	mehr	weniger
Harnstoff . . .	weniger (?)	mehr (?)
Salze	mehr	weniger
Zucker	mehr	weniger

Man darf bei dieser Tabelle freilich nicht die Vorsicht bei der Beurtheilung der Ergebnisse der Blutanalysen vergessen.

Cl. Bernard hat gezeigt, dass das venöse Blut der auf Trigeminusreizung arbeitenden Speicheldrüsen sich in seiner Farbe ganz dem arteriellen ähnlich verhält. Es rührt dieses daher, dass das Blut durch die während der Zeit erweiterten Gefässe mit grösserer Geschwindigkeit als sonst hindurchströmt und so nicht Zeit hat, seinen Sauerstoff so reichlich abzugeben wie sonst. Es beweist dieses aber nicht, dass die arbeitende Drüse etwa weniger Sauerstoff verbrauche als die ruhende, ihre bekannte Temperaturerhöhung während der Secretion spricht für das Gegentheil. Wenn eine gleiche Volumeinheit Blut in der arbeitenden Drüse weniger Sauerstoff abgibt als in der ruhenden, so strömt doch durch erstere in den erweiterten Gefässen so viel mehr Blut in einer gleichen Zeit, dass die geringere Sauerstoffabgabe der einzelnen Blutvolumseinheit dadurch noch übercompensirt werden kann.

Der Einfluss der Nahrung auf die Blutzusammensetzung ist theilweise nicht schwer ersichtlich. Nach fettreicher Nahrung finden sich die Fette im Blute vermehrt, sodass das Serum milchig getrübt erscheinen kann; nach Brodnahrung ist die Zuckermenge, nach gesteigertem Salzgenuss die Aschenbestandtheile des Gesammtblutes gesteigert.

Sehr bemerkenswerth ist es, weil es mit unseren Anschauungen der übrigen Ernährungsvorgänge übereinstimmt, dass längeres Hungern und ebenso wirkende andauernde Säfteverluste oder wiederholte Aderlässe alle übrigen Blutbestandtheile vermindern, nur das Wasser vermehren: der Organismus wird im Ganzen also auch sein Blut durch diese Einflüsse wässeriger.

Umgekehrt wirkt Nahrungsaufnahme. Während der Verdauung ist nur der Wassergehalt vermindert, und alle sonstigen Bestandtheile des Blutes vermehrt. In den ersten Hungertagen sinkt der Wassergehalt des Blutes.

Länger fortgesetzte Fleischnahrung vermindert den Wassergehalt, vermehrt den Gehalt an Fibrin, Extractivstoffen und Salzen.

Vegetabilische Nahrung — wie die obigen Angaben ebenfalls genau den Resultaten der Gesammternährungsversuche entsprechend — vermehrt dagegen den Blutwassergehalt, das Albumin und die Fette, vermindert aber das Fibrin, die Extractivstoffe und Salze.

Ueber den Einfluss der Muskel-Arbeitsleistung auf die Blutzusammensetzung weiss man, dass direct nach der Arbeit das Blut procentisch weniger Wasser enthält als während der Ruhe, da sich die Muskelzersetzungsproducte, die sich während der Arbeitsleistung in grösserer Menge bilden, sich zuerst in ihm anhäufen (J. Ranke); das Blut kann dabei eine sauere Reaction annehmen. Da bei Ausschluss der Ernährung, oder mangelhaftem Wiederersatz des Mehrverbrauches bei Arbeit der Muskel und der Gesammtorganismus wasserreicher werden, so wird es in Folge davon später auch das Blut, da sein Wassergehalt ein constantes Verhältniss zeigt zu dem Wassergehalt der Gewebe (Schottin). In diesem Falle wirkt also übermässige Arbeit wie fortgesetzte Säfteverluste.

Auch Alter und Geschlecht sind von bestimmendem Einfluss auf die Blutzusammensetzung und es kann uns dieses um so weniger Wunder nehmen, da wir ja wissen, dass diese ebengenannten Begriffe fast vollständig durch verschiedene Ernährungszustände gedeckt werden, deren Einwirkung auf die Blutmischung wir schon besprochen haben.

Männer haben weniger Wasser im Blute und mehr Blutkörperchen als Frauen und Greise. Das Blut der Frauen ist etwas fettreicher. In der Schwangerschaft soll das Fibrin des Blutes relativ vermehrt sein. Das Blut der Schwangeren bildet gern eine Speckhaut, was auf eine Verzögerung der Gerinnung mit Beschleunigung der Senkung der Blutkörperchen beruht. Das specifische Gewicht des Gesammtblutes soll dann geringer sein, die Farbe dunkler. In den späteren Schwangerschaftsmonaten soll der Wassergehalt wieder ab-, die Blutkörperchenmenge zunehmen.

Die Stoffvorgänge im lebenden Blute.

Im Allgemeinen dürfen wir wohl annehmen, dass im Blute, in welchem sich eine so grosse Anzahl von Zellen und zellenähnlichen Gebilden findet, in nicht unbedeutender Weise chemische Lebensvorgänge eintreten mögen.

Leider ist über den Wechelverkehr der Zellen mit der Blutflüssigkeit noch kaum Etwas erforscht.

Vor allem müssen wir bei dem Leben der Zellen an Endosmose denken. Dass wirklich Diffusion zwischen den Blutzellen und der sie umgebenden Flüssigkeit stattfindet, beweisen die Formänderungen, welche wir erstere eingehen sehen bei Concentrationsschwankungen des Serums. Wir sehen, dass die physiologischen Verschiedenheiten in der Concentration z. B. durch Nahrungsaufnahme und Muskelbewegung mit Grössenverschiedenheiten der Blutzellen ebenso verknüpft sind, als directer Salz- oder Wasserzusatz zum Blute.

Wie Vieles bleibt aber noch dunkel! Woher rührt es, dass in den normalen Blutkörperchen sich die verschiedene Zusammensetzung der anorganischen wie organischen Bestandtheile trotz dem Diffusionsverkehr ungestört erhalten kann? Woher kommt es, dass bei gewissen Krankheiten z. B. Cholera die Blutkörperchen diese Fähigkeit des Beharrens in ihrer chemischen Constitution verlieren? Wir finden im Choleraablutserum Kalisalze und Phosphorsäure in reichlicher Menge. Auf der Anwesenheit der ersteren beruhen zwei-

felsohne die Hauptkrankheitssymptome. BERNARD hat gezeigt, dass schon minimale Mengen von Kalisalzen direct in das Blut gebracht die normalen Functionen desselben und damit das Leben des Organismus vernichten. Die Cholerakrämpfe rühren von den freien Kalisalzen im Serum her, welche auf das Muskelsystem (J. RANKE), zuerst auf das Herz (TRAUBE) im Anfange erregend und dann ermüdend und lähmend wirken. Bei vielen Krankheiten mag die objective Ermüdung, die ihnen vorausgeht und sie begleitet, primär von Blutkörperchen-Lähmung herrühren, welche sich darin äussert, dass sie nicht mehr im Stande sind, ihre Kalisalze in sich festzuhalten.

Bei dem Absterben des Blutes scheint diese Veränderung in den Diffusionsvorgängen zwischen den geformten und flüssigen Blutbestandtheilen stets einzutreten. Auf sie lässt sich vielleicht zum Theil der (geringe) Kaligehalt, der im Serum gefunden wird, beziehen. Während des Absterbens bilden sich im Blute ebenso Zersetzungsproducte wie in den übrigen Geweben, und es ist mehr als wahrscheinlich, das auch eine Säure dabei entsteht. Auf ihrer Wirkung wird auch hier die Veränderung in den Diffusionsvorgängen beruhen. Unter der Wirkung einer Säure sahen wir auch die Muskelzelle Stoffe aufnehmen und abgeben, denen sie bei ungestörtem Chemismus den Eintritt wehrt, oder die sie in sich zurückhält. Mit der Lähmung der Blutkörperchen bei dem Absterben tritt auch das fibrinoplastisch wirkende Paraglobulin aus ihnen aus und führt die Gerinnung des Faserstoffs herbei.

Sehr merkwürdig ist es, dass bisher im Blute noch nicht mit aller Sicherheit das supponirte Vorsichgehen von Oxydationen erwiesen werden konnte, trotzdem dass soviel Sauerstoff sogar als Ozon in ihm vorhanden ist, und obwohl die Blutkörperchen doch sicher für die übrigen Gewebe die Oxydationen vermitteln.

Die allgemeinen Stoffwechseluntersuchungen haben uns gezeigt, dass die Fähigkeit der Blutkörperchen, zur Oxydation im Organismus zu dienen, durch gewisse im Blute vorhandene Stoffe gestört oder gesteigert wird.

Ein grösserer Fettgehalt des Blutes, wie er nach fettreicher Nahrung eintritt, hindert die Blutkörperchen an der Sauerstoffaufnahme. Ebenso mag vielleicht ein vermehrter Zuckergehalt wirken, da PETTENKOFER und VOIT die Hypothese aus ihren Versuchen ableiten, dass bei Diabetes, bei welchem Zucker im Harn erscheint, die Blutkörperchen weniger oxydirend wirken als im normalen Verhalten. Bei der Zuckerharnruhr wird viel Zucker im Blute wie in allen Säften und Organen angetroffen. Der Grund der Zuckerausscheidung im Harne bei dieser räthselhaften Krankheit würden also vielleicht darin zu suchen sein, dass die Blutkörperchen nicht im Stande wären die im Blute vorhandenen, vielleicht an sich nicht vermehrten, Zuckermengen zu verbrennen.

Dagegen scheint ein gesteigerter Eiweissgehalt des Blutes nach Fleischkost die oxydirenden Eigenschaften des Haemoglobins zu steigern. Vielleicht entsteht dabei auch mehr von dieser Oxydationsbedingung (Blutkörperchen) wie die Beobachtungen von ANDRAL, GAVARRET und DELAFOND zu ergeben scheinen.

Ebenfalls nach älteren Angaben, die sich auf chemische Bestimmung der Blutkörperchen stützen, soll nach Fettgenuss, namentlich nach Leberthran der Gehalt des Blutes an rothen Körperchen steigen (POPP, TH. THOMPSON). Unzulängliche Nahrung und Hunger setzen dagegen ihre Menge herab wie

auch die Zählungsmethode von Vierordt beweist. Dieselbe Wirkung haben wiederholte Blutentziehungen.

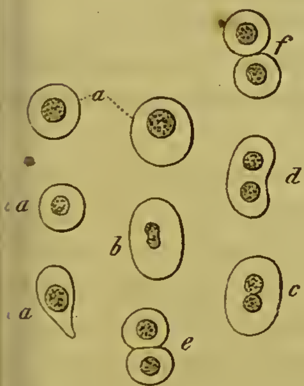
Die Entstehung der rothen Blutkörperchen.

Die Quellen der Hauptstoffe, die das Blut zusammensetzen, sind uns aus unseren bisherigen Betrachtungen schon bekannt. Sie stammen aus den Gewebsflüssigkeiten und dem Darminhalte. Die Lymphdrüsen mischen ihm einen Theil der zelligen Elemente: die weissen Blutkörperchen bei.

Woher stammen aber die rothen Blutkörperchen?

Diese Frage kann für den entstehenden Organismus wohl mit aller Sicherheit beantwortet werden. Die runden, kernhaltigen Bildungszellen des Embryo, welche in der Mitte der anfänglich soliden Gefässanlagen sich befinden und an Form und Aussehen den übrigen Zellen vollkommen entsprechen, lösen sich in Folge der Bildung von Flüssigkeit — Blutplasma — von einander und sind als erste Blutzellen zu betrachten. Sie imbibiren sich mit Blutroth, behalten aber ihre Kerne bei, die sogar durch Aufhellung ihres Inhaltes noch deutlicher werden. Sie sind kugelig, nicht abgeplattet wie die späteren rothen Blutkörperchen und ziemlich viel grösser. Diese Zellen vermehren sich anfänglich durch Theilung. Sie werden länglich, oft etwas abgeplattet wie die Blutkörperchen des Frosches, es entstehen im Inhalt zwei oder selbst mehrere Kerne, um die sich die Zellenmembran dann abschnürt (Fig. 73).

Fig. 73. (*F.*)



Blutkörperchen junger Hirschembryonen; bei *a* die meist kugligen Zellen; *b—f* Theilungsprocess derselben.

Mit der Entwickelung der Leber hört dieser Bildungsmodus der Blutkörperchen auf, dann scheint die Leber der eigentliche Bildungsherd der Blutkörperchen zu sein. Am wahrscheinlichsten von der Milz aus werden dem Blute farblose, kernhaltige Zellen — weisse Blutkörperchen — zugeführt, welche, indem sie die Leber durchsetzen sich mit Farbstoff füllen, ihr körniges Aussehen verlieren und zu kernhaltigen Blutkörperchen werden. Diese farbigen, kernhaltigen, runden Blutkörperchen sind es, aus denen in dem späteren Embryoleben die kernlosen, abgeplatteten Blutkörperchen entstehen. Kölliker, dem wir die angeführten Beobachtungen verdanken, sah vorher den Kern in vielen Blutzellen klein, mit Neigung zu moleculärem Zerfall, endlich schwindet er ganz. Anfänglich machen die biconcaven Blutscheibchen noch die Minderzahl der rothen Körperchen aus. In der vierten Woche des Embryonallebens fehlen sie noch ganz; bei einem dreimonatlichen menschlichen Embryo betrugen sie im Leberblute $1/_4$, in dem übrigen Blute $1/_6$ — $1/_8$ der Gesammtmenge der Blutkörperchen.

So sicher die Bildung der rothen Blutkörperchen des Embryo aus weissen Körperchen, theils Bildungszellen, theils den farblosen Milzblutzellen nachgewiesen ist, so harrt dagegen noch immer der Bildungsmodus der Blutzellen

im erwachsenen Organismus seiner definitiven Aufhellung. Nirgends findet man im normalen Blute Erwachsener jene sicheren Uebergangsstadien farbloser Blutzellen in farbige: die farbigen, kernhaltigen Blutkörperchen des embryonalen Blutes. Doch scheint der Schluss aus der Analogie erlaubt, dass auch hier die farblosen, kleinen, etwas abgeplatteten Milzblutkörperchen es sind, aus denen an einer noch nicht bekannten Stelle des Kreislaufs vielleicht auch sogar noch in der Leber die rothen Blutkörperchen werden. Dass der Bildungsmodus auch im erwachsenen Organismus der gleiche sein kann wie im Embryo scheint mit aller Sicherheit der Befund bei Leukämie zu beweisen, wo sich freilich unter pathologischen Verhältnissen neben ziemlich normal gebauten rothen und weissen Blutkörperchen (die letzteren sind ungemein vermehrt und geben dem Blute die weissröthliche Färbung, welche der Krankheit den Namen gegeben hat (Virchow) eine nicht unbeträchtliche Zahl von Uebergängen farbloser in farbige, kernhaltige Zellen finden. In neuester Zeit will von Recklinghausen sogar im mehrere Tage schon aus der Ader entleerten (Frosch-) Blute aus kleinen, ovalen Uebergangszellen unter Zutritt von Luft und Sauerstoff Bildung von rothen Körperchen wahrgenommen haben.

Man hat sich über einen Theil der Schwierigkeiten der Frage dadurch hinweg zu helfen gesucht, dass man den Blutkörperchen eine sehr lange Lebensdauer zuschreiben wollte. Wenn ihnen auch ein verhältnissmässig langes Leben zukommt, was ja der Zelle oder besser gesagt der »Zellform« überhaupt zugeschrieben werden muss, so ist es doch ganz sicher erweisbar, dass sich unter Umständen auf uns noch unbekanntem Wege sehr grosse Mengen von Blutkörperchen in kurzer Zeit neu bilden können z. B. nach starken Blutverlusten, nach denen sich die Blutmenge bald wieder ergänzt zeigt.

Dass die Milz und Lymphdrüsen in einer gewissen nahen Beziehung zur Blutbildung stehen, geht daraus hervor, dass die oben genannte Blutkrankheit, die Leukämie mit einer Erkrankung, Vergrösserung der Milz und Lymphdrüsen Hand in Hand geht.

Die Blutdrüsen.

Die Milz.

Man hat die Milz eine Blutdrüse genannt und ihr in Gemeinschaft mit den anderen Drüsen ohne Ausführungsgang, denen man dieselbe Bezeichnung gab, eine besondere Betheiligung an dem Blutbildungsprocesse, vornehmlich an der Bildung oder Zerstörung der rothen Blutkörperchen zugeschrieben. Das Meiste ist hier noch dunkel und um so mehr, da es, wie schon Plinius wusste, gelingt, Thiere nach Exstirpation der Milz noch lange Zeit am Leben zu erhalten, sodass man diese Operation auch für den Menschen vorzuschlagen gewagt hat.

Unstreitig ist die Milz unter den Blutdrüsen die wichtigste. Ihr anatomischer Bau erinnert an den Bau der Lymphdrüsen. Sie besitzt eine weisse, feste, fibröse Hülle, die noch von dem Bauchfelle einen serösen Ueberzug

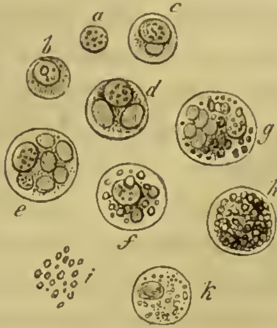
erhält. Diese Faserhülle (Tunica fibrosa) sendet Fortsätze in grosser Zahl in das Innere des eigentlichen Milzgewebes ab, die sich sehr mannigfaltig verästeln und unter einander zusammenhängen, sodass ein reiches Maschenwerk gebildet wird, oder vielmehr eine sehr bedeutende Anzahl unter einander communicirender Hohlräume von sehr unregelmässiger Gestalt. Die Faserhülle und die eben beschriebenen Balken — Trabeculae lienales — bestehen beim Menschen aus Bindegewebe mit elastischen Fasern. Bei einigen Thieren, besonders bei dem Hunde finden sich darin sehr viele organische Muskelfasern. Frey und Meissner fanden sie spärlich auch beim Menschen. In diesen durch die Balken gebildeten Hohlräumen liegt das eigentliche Milzgewebe: die Milzpulpe, Pulpa lienis. Billroth, Frey, Kölliker haben gelehrt, dass diese Milzpulpe ganz ähnlich gebaut ist wie das eigentliche Drüsengewebe der Lymphdrüsen. Es gelang an erhärteten Präparaten durch Auspinseln ein ungemein feines Netzwerk von unter einander verbundenen meist kernlosen Fasern darzulegen, welches sich als feinste Verzweigung der immer zarter werdenden Milzbalken zu erkennen giebt. An einzelnen dieser feinsten Fasern lassen sich noch Kerne nachweisen zum Beweise, dass wir es auch hier mit einem Bindegewebskörperchennetze zu thun haben. Innerhalb dieses Netzes sind nun die Gewebszellen der Milz eingelagert, und zwar sind die Maschen so klein, dass häufig nur eine einzige ein ander Mal zwei oder drei Zellen in einer solchen Platz finden. Die grosse Anzahl von Blutgefässen der Milz theilen das Milzparenchym in ziemlich regelmässige Abschnitte, beim Menschen entstehen so netzförmig verbundene Gewebsstränge.

Die Zellen des Milzgewebes sind rundlich, einkernig, zwischen 0,003—0,005‴ in der Grösse schwankend und ganz mit den Zellen der später zu beschreibenden s. g. Milzbläschen übereinstimmend. Neben ihnen finden sich noch einige grössere blasse zellenartige Gebilde und dann sehr grosse bis zu 0,01‴ entweder blass oder reichlich mit Körnchen gefüllt: Körnchenzellen. Ausser diesen farblosen Zellen kommen in der Milzpulpe stets auch noch farbige Blutkörperchen vor entweder von normaler Gestalt und Farbe oder in allen Stadien des Zerfalles. Sie lagern sich meist zu mehreren zusammen und bilden dann, wenn sie ganz zerfallen sind, dunkelgefärbte Farbstoff- oder Pigmenthaufen. Hier und da sieht man Pigmentkörnchen in reichlicher Anzahl in Zellen eingeschlossen, sodass diese ganz das Aussehen von Pigmentzellen erhalten können. Kölliker und Ecker zeigten, dass auch zellenähnliche Gebilde, die mit einer Hülle mehrere Blutkörperchen meist mit den Kennzeichen des Zerfalles umschliessen, in der Milzpulpe vorkommen: Blutkörperchenhaltige Zellen. Diese Gebilde haben verschiedene Deutung erfahren, vielleicht sind es nur Gerinsel, welche die zerfallenden Körperchen einschliessen, und den Eindruck von Zellmembranen machen (Fig. 74).

In die rothe Milzpulpe finden sich, bei Milzen Gesunder leicht sichtbar, zahlreiche, weisse, rundliche Körperchen eingelagert: Milzkörperchen, Milzbläschen, Malpighi'sche Bläschen, Corpuscula Malpighii. Sie sind mit unbewaffnetem Auge sichtbar und haben im Durchschnitt eine Grösse von 1/6‴. Sie stehen immer in einer nahen Beziehung zu den feinsten Arterienzweigen, an denen sie in sehr grosser Anzahl wie Beeren ansitzen (Fig. 75). Sie stimmen im Bau ganz mit den einfachsten Lymphdrüsen, den Follikeln,

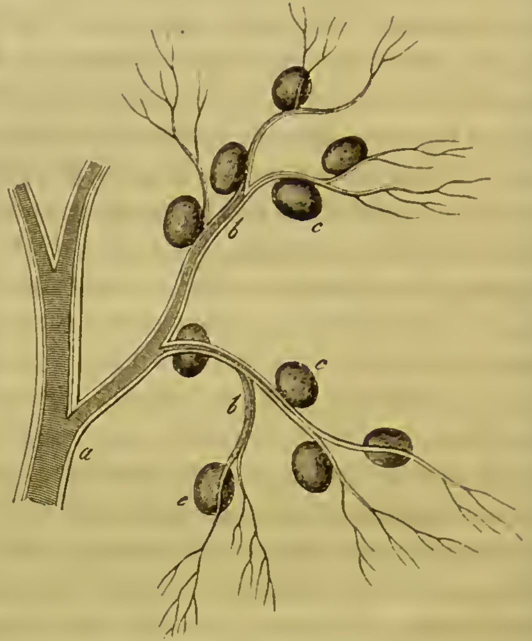
überein, doch besitzen sie keine sie vollkommen von der Umgebung abtrennende Hülle. Die Fasern des freien Balkennetzes, in denen sie sich eingelagert finden,

Fig. 74. (*F.*)



Zellen aus der Milzpulpa des Menschen, Ochsen u. Pferdes. *a—d* Vom Menschen. *a* Freier Kern; *b* gewöhnliche Zelle (Lymphkörperchen); *c* gekernte Zelle mit einem Blutkörperchen (?) im Innern; *d* mit zweien; *e* solche mit mehreren Blutkörperchen vom Ochsen; *f* eine Zelle desselben Thieres mit fettartigen Körnchen. *g—k* Vom Pferde. *g* Eine Zelle mit mehreren frischeu Blutkörperchen und den Körnchen letzterer Figur; *h* Zelle mit einem Körnerhaufen; *i* derselbe frei; *k* Zelle mit farblosen kleinen Molecülen.

Fig. 75. (*F.*)



Aus der Milz des Schweines. Ein Arterienast *a* von der Scheide umhüllt, mit seinen Zweigen *b* und den ansitzenden Malpighi'schen Körperchen.

verflechten sich nur dichter und inniger an ihrer Oberfläche, doch so, dass noch feine Gewebslücken übrig bleiben. — Die Adventitia, die Bindegewebshaut der Arterien, zieht sich über die an die Arterien gehefteten Milzbläschen fort, sodass diese wie eine Verdickung der Adventitia erscheinen, in welche reichlich zellige Elemente eingelagert sind. Die Zellen sind mit denen in den anderen elementaren Lymphdrüsen ganz identisch, sie sind rundlich, körnig, meist mit nur einem Kern, eingebettet in eine eiweisshaltige, also in der Hitze gerinnende, neutral reagirende Flüssigkeit. Schon geringe Einwirkungen zerstören die Zellen, sodass dann neben ihnen eine grosse Anzahl freier Kerne sich findet, die in den lebenden Bläschen fehlen. In den Bläschen findet sich auch wie in den Follikeln der Lymphdrüsen ein zartes Capillarnetz.

Die Blutgefässe bilden einen Haupttheil der Milzpulpe. Die Arterien verzweigen sich sehr fein, bekommen die beschriebenen beerenförmigen Anhänge der Milzbläschen und lösen sich endlich in Büschel feinster Aestchen. die sogenannten Penicilli auf, welche dann in eigentliche Cepillaren übergehen. Die Venen sind weit, sonst aber wie in anderen Organen gebaut, und bilden mit ihren feinsten Zweigen ein sehr reiches, cavernöses Netz. Die Arteriencapillaren gehen in diese weiteren Venencapillaren wahrscheinlich überall direct über (Billroth).

So ist also das Milzgewebe aus sehr mannigfaltigen Elementen zusammengesetzt.

Die immer feiner werdenden Milzbalken, die netzförmigen Züge der eigentlichen Milzpulpe, die reichlichen Gefäss- besonders Venennetze durchflechten

sich in ganz ähnlicher Weise wie wir das bei den Elementen der Leber gefunden haben. Es lässt sich die Aehnlichkeit des Baues der Milz mit den Lymphdrüsen nicht verkennen. Man nahm früher an, dass die Blutgefässe ganz ebenso in offener Verbindung mit dem zellenhaltigen Milzgewebe stünden, wie die Lymphgefässe mit dem Lymphdrüsengewebe, sodass das aus den Arterien zugeführte Blut ebenso durch das Milzgewebe sickern müsste, um sich dann in den Venen mit den Zellen der Milz — weissen Blutkörperchen — beladen wieder zu sammeln, wie bei den Lymphdrüsen der Inhalt der Vasa afferentia in die Vasa efferentia hinein gelangt.

Lymphgefässe scheint die Milz nur wenige zu besitzen. Die Nerven, welche die Milz in reicher Anzahl erhält, zeichnen sich durch ihren Reichthum an marklosen (Remak'schen) Fasern aus.

Die Blutkörperchen des Milzvenenblutes.

Im Milzvenenblute hat Funke nicht unbedeutende Modificationen der Eigenschaften der rothen Blutkörperchen entdeckt, welche er als einen Beweis für die Anschauung nimmt, dass in der Milz nicht nur eine grosse Anzahl rother Blutkörperchen zu Grunde gehen, wie die mikroskopischen Befunde es unzweifelhaft nachweisen, sondern dass beim Erwachsenen die Milz ein Herd der Neubildung rother Blutkörperchen sei. Auch hier glaubt er den Uebergang farbloser Zellen in gefärbte annehmen zu müssen. Sicher ist es, dass im Milzvenenblute eine sehr viel grössere relative Menge von weissen Blutkörperchen vorkommen als in anderen Blutarten. Hirt fand hier auf 70 rothe ein farbloses Blutkörperchen. Die rothen Blutkörperchen selbst seien kleiner, weniger abgeplattet, durch Wasser weit weniger leicht zerstörbar als andere Blutzellen, auch sollen sich keine »Geldrollen« beim Senken bilden. Funke meint, alle diese Eigenschaften deuteten darauf, dass diese eigenthümlichen Blutkörperchen des Milzvenenblutes sich noch im Jugendzustande befinden. Weiter behauptet er, in der Milzpulpe auch erwachsener Individuen zahlreiche Uebergangsstufen von weissen in rothe Blutkörperchen nachweisen zu können. Kölliker fand wenigstens bei neugeborenen und säugenden Thieren, kleine kernhaltige gelbliche Zellen, die der Farbe nach von rothen Blutzellen kaum zu unterscheiden sind, und die er unbedingt für sich entwickelnde Blutzellen anspricht.

Die chemische Zusammensetzung des Milzgewebes.

In dem Gewebe der Milz geht ein sehr energischer Stoffwechsel vor sich, wie die grosse Menge von Zersetzungsproducten der primären Körperbestandtheile, die sich in ihr finden, beweist. Von N-losen finden sich: **Inosit**, Milchsäure, Bernsteinsäure, flüchtige Fettsäuren; von N-haltigen: **Harnsäure**, Sarkin, Leucin, Tyrosin. Auffallend ist der enorme Eisengehalt der Milzasche, der weit grösser ist, als dass er aus einem restirenden Blutgehalte abgeleitet werden könnte. Daneben findet sich auch sehr viel

Natron und wenig Kali. Die chemische Zusammensetzung der Milz eines Mannes fand OIDTMANN:

Wasser	75,03
feste Stoffe	24,97
davon organische	24,23
,, unorganische	0,74

In 100 Theilen bestand die Asche aus:

Kali	25,23
Natron	14,51
Magnesia	0,20
Kalk	3,61
Eisenoxyd	2,74
Chlor	2,58
Phosphorsäure	50,18
Schwefelsäure	0,92
Manganoxydul	0,70

Das Eisenoxyd ist wahrscheinlich in Verbindung mit Phosphorsäure in der Milzflüssigkeit; doch gewinnt man es verbunden mit einem Eiweisskörper durch Fällung des kalten, wässerigen Milzauszuges mit Essigsäure. Dieser Eisengehalt hat insofern eine höhere Bedeutung als er vielleicht mit der Bildung des Haemoglobins zusammenhängt, mit dem sich nach der vorgetragenen Vermuthung in der Milz die zuerst farblosen Blutkörperchen anfüllen. Es wäre denkbar, dass er aus einer Zersetzung hervorginge, da es ja sicher ist, dass viele rothe Blutkörperchen in der Milz zu Grunde gehen. Die aus den zerstörten Blutkörperchen entstehenden Farbstoffablagerungen, die Pigmente der Milz sind alle eisenhaltig.

Die Grösse der Milz ist schwankend nach den verschiedenen Körperzuständen des Individuums. Alles, was die Blutanfüllung der Unterleibsorgane vermindert, bringt eine Blutanstauung in der Milz und damit eine Grössenzunahme derselben hervor. Innerhalb der Breite physiologischer Verhältnisse ist das Milzvolum am kleinsten, während der Verdauung, wenn alle Verdauungsdrüsen zur Steigerung oder Hervorrufung ihrer Absonderungen eine vermehrte Blutzufuhr erfordern. Sobald sich nach der Verdauung die Blutgefässe der Eingeweide wieder verengern, beginnt die Milz sich zu vergrössern. Auch das Gewicht der ausgebluteten Drüse nimmt dann zu, GRAY und SCHOENFELD fanden es 5—15 Stunden nach der Nahrungsaufnahme am bedeutendsten.

Dann sollen auch die mit farblosen Zellen gefüllten Milzbläschen am grössten und am prallsten gefüllt sein. Man darf vielleicht dabei an eine Verwendung des reichlicheren Nahrungsstoffes, welcher in dem Blute sich findet, das der Milz zu der angegebenen Zeit zuströmt, zu einer gesteigerten Neubildung von weissen Blutzellen und Zellen der Milzbläschen denken. Der Grad der Füllung und die Grösse der Milzbläschen scheint mit Sicherheit in geradem Verhältniss zu stehen zu der Menge des Materiales, das dem Blute in der gleichen Zeit zugeführt wird. Bei Hungernden, längere Zeit schlechtgenährten oder kranken Individuen zeigen sich die Milzbläschen viel weniger deutlich als nach reichlicher, nahrhafter Kost.

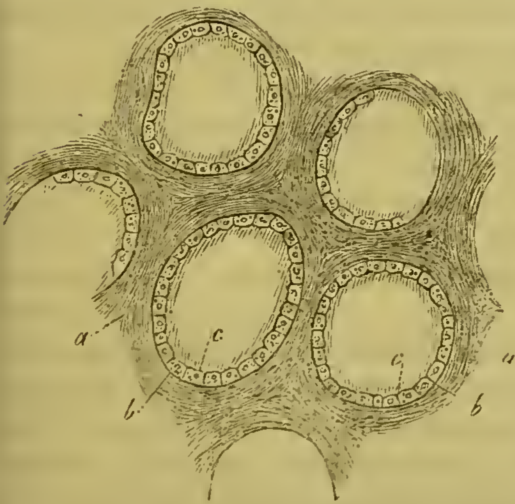
Ueber den chemischen Stoffverkehr zwischen Milz und Blut ist noch Weniges bekannt. Das Milzvenenblut zeigt einen höheren Fibringehalt als das Blut der Milzarterie. Die Steigerung des Wassergehaltes im Milzvenenblute lässt sich nur aus Abgabe fester Stoffe an die Milz erklären und deutet vielleicht auf die Zerstörung von Blutkörperchen und Ablagerung ihrer Reste im Milzgewebe. Während der Verdauung, wenn so viele absondernde Drüsen dem Gesammtblute Sauerstoff in gesteigertem Maasse entziehen, findet sich auch der Sauerstoffgehalt des Milzvenenblutes kleiner als im nüchternen Zustand (Estar und Saintpierre).

Sehr interessant sind die Beobachtungen von H. Ranke, welche die Harnsäurebildung mit der Milz in Beziehung setzen. Bei Leukaemie mit Vergrösserung der Milz ist die Harnsäureausscheidung im Harn gesteigert. Mittel, welche die Milz abschwellen machen (Chinin), setzen auch die Harnsäuremenge im Harn herab. Es zeigen sich tägliche Schwankungen der Harnsäureausscheidung, welche mit den Verdauungsperioden, die auf die Milz von so entschiedenem Einfluss sind, zusammenfallen: Die Harnsäureausscheidung ist am stärksten in der Zeit nach der Nahrungsaufnahme. Nach Verdauungsstörungen sah Lehmann mehr Harnsäure im Harn erscheinen. Das zusammengehalten mit der Beobachtung Scherer's, dass im Milzsafte sich Harnsäure finde, macht es sehr wahrscheinlich, dass wir in der Milz die Hauptstätte der Harnsäurebildung annehmen müssen. Die Harnsäure wird sicher neben den anderen Extractivstoffen des Milzsaftes dem Venenblut der Milz zugemischt.

Die Schilddrüse.

Die Schilddrüse ähnelt in ihrem Bau bis zu einem gewissen Grade den traubenförmigen Drüsen. Geschlossene Drüsenbläschen, $^1/_{50}$ — $^1/_{20}'''$ gross, sind ihre letzten Drüsenelemente. Sie werden durch Bindegewebe zu grösseren Drüsenkörnern, diese zu Läppchen und Lappen vereinigt. Die Drüsenbläschen haben eine eigene Hülle — Membrana propria —, welche mit einer einzigen Schicht Epithel von vieleckigen, körnigen Zellen austapezirt ist. Der Hohlraum des Bläschens wird durch eine zähe Flüssigkeit erfüllt, die klar und etwas gelblich gefärbt ist und Eiweiss in ziemlicher Menge enthält (Fig. 76). Die Schilddrüse zeigt besonders im späteren Leben so regelmässig pathologische Veränderungen, dass schon daraus hervorgeht, dass sie wenigstens dann für das Leben nur von geringer Bedeutung sein kann. Die Beschreibung dieser Veränderungen gehört in die pathologische Anatomie und Chirurgie,

Fig. 76. (*K.*)



Einige Drüsenblasen aus der Schilddrüse eines Kindes, 250 mal vergr. *a*. Bindegewebe zwischen denselben, *b*. Hülle der Drüsenblasen, *c*. Epithel derselben.

wo diese Drüse eine viel bedeutendere Rolle spielt als in der Physiologie, da ihre Vergrösserungen als Kropf — Struma — so häufig die normale Thätigkeit der Respirationsorgane beeinträchtigt. Die Schilddrüse zeichnet sich durch einen bedeutenden Reichthum an Blut- und Lymphgefässen aus. Aus Letzterem wollte man schliessen, dass die Schildrüse ein Lymphdrüsen-ähnliches Organ sei.

Die Thymus.

War schon bei der Schilddrüse eine gewisse Aehnlichkeit im äusseren Bau mit dem Baue der traubenförmigen Drüsen, so ist diese bei der Thymus noch viel grösser (Fig. 77). Wir haben hier Lappen und Läppchen, welche alle in einen gemeinschaftlichen, meist canalförmigen, engen Hohlraum münden, der nur in selteneren Fällen sich stärker erweitert. Die kleineren Läppchen werden noch in kleinste Läppchen getrennt, welche aber von den analogen Endbläschen der traubenförmigen Drüsen sich wesentlich unterscheiden: sie sind nicht hohl sondern solid. Nur die grösseren Läppchen haben einen spaltförmigen Hohlraum. Diese sind im Bau ganz identisch den Follikeln des Darms, also wie diese einfachste Lymphdrüsen. Innerhalb einer bindegewebigen Hülle finden sich in ein Netz von Bindegewebskörperchen jene runden, körnigen, kernhaltigen Zellen eingelagert, die wir von dort her kennen. Dabei verbreiten sich zwischen diesen Zellen ebenfalls auch noch Blutgefässe. In diese Läppchen lassen sich die Lymphgefässe verfolgen, sodass auch hierein eine nicht zu verkennende Aehnlichkeit mit den Lymphdrüsen existirt. In dem Centralcanale findet sich eine kernhaltige, eiweissreiche Flüssigkeit. Für den erwachsenen Organismus kann die Thymus von keiner Bedeutung mehr sein, da sie von der Geburt an stetig abnimmt und endlich ganz verschwindet.

Fig. 77. (*K.*)



Ein Stückchen der Thymus des Kalbes entfaltet. *a.* Hauptcanal, *b.* Drüsenläppchen, *c.* Drüsenkörner vereinzelt am Hauptcanale aufsitzend. Nat. Grösse.

Der lymphdrüsenähnliche Bau der beiden letztbesprochenen Organe rechtfertigt es, sie mit der Milz in eine Classe zu stellen, wenn wir es auch nur vermuthen können, dass zur Zeit ihrer Functionirung ihre Thätigkeit mit der der Milz übereinstimmt. Ihre Aehnlichkeit mit der Milz wird noch dadurch erhöht, dass sich auch ziemlich dieselbe Gruppe von Zersetzungsproducten und wie es scheint in ähnlich reicher Menge in ihnen vorfindet. Neben den gewöhnlichen Gewebsbildnern: Albumin, Fetten finden sich in der Thymus nach Gorup-Besanez Leucin, Sarkin, Xanthin, Ameisensäure, Essigsäure, Bernsteinsäure, Milchsäure, Zucker (?) und neben den gewöhnlichen Aschenbestandtheilen thierischer Organe noch Ammoniaksalze. Auch in der Thyreoidea des Ochsen fand er Leucin, Sarkin, Xanthin, flüchtige Fettsäuren, Milchsäure,

Bernsteinsäure. Dieser Leucingehalt aber der letztbesprochenen Drüsen wird noch dadurch interessant, dass sich ein solcher auch in der Flüssigkeit der Lymphdrüsen auffinden lässt, was vielleicht auf eine Analogie in den chemischen Stoffvorgängen dieser Organe hindeutet.

Die Bedeutung der Nebennieren, des Gehirnanhangs, der Steissdrüse ist noch ganz unbekannt.

Die Betheiligung der Leber an der Bildung der rothen Blutzellen.

Es fragt sich, ob die letztgenannten Drüsen mit der Bildung der rothen Blutkörperchen nur in irgend einem Zusammenhange stehen.

Die Leber, die wir auch so wichtige Functionen im Organismus übernehmen sehen, wird auch im erwachsenen Organismus noch vielfach als Bildungsstätte für rothe Blutkörperchen angesprochen. Im Lebervenenblute finden sich eben solche rothe »jugendliche« Blutkörperchen, wie sie Funke im Milzvenenblute beschreibt. Vielleicht gelangen sie in die Leber von der Milz aus? Auffallend ist es, dass wir in der Leber wie in der Milz neben diesen Zeichen einer Blutkörperchen-Neubildung noch weit sicherer einen Zerfall derselben nachweisen können.

Wie in der Milz die Pigmentanhäufungen, die Blutkörperchen-haltigen Zellen auf einen Zerfall schliessen lassen, so muss der massenhaft in den Leberzellen producirte Gallefarbstoff, der nach den chemischen Untersuchungen zweifelsohne ein Abkömmling des Blutfarbestoffs ist, in uns die Vorstellung erwecken, dass hier ein massenhafter Zerfall von Blutkörperchen stattfindet, der dann für die Galle den Farbstoff liefert. Diese Annahme, dass in der Leber Blutzellen zu Grunde gehen, wird durch die Beobachtung noch gestützt und wahrscheinlicher gemacht, dass durch die Galle Blutkörperchen aufgelöst, zerstört werden, wovon W. Kühne zur Erzeugung des krystallisirbaren Blutfarbestoffs eine sinnreiche Anwendung gemacht hat.

Wir sehen, wie trotz der Ausbildung, welche die Lehre vom Blute schon erfahren hat, doch noch so manche wichtige Verhältnisse ihrer endlichen Aufklärung harren. Bei der Frage nach dem Bildungsmodus der rothen Blutkörperchen im erwachsenen Organismus wird die pathologische Anatomie durch die Betrachtung des leukämischen Zustandes mit zur definitiven Beantwortung beitragen können.

Die Blutmenge.

Von der Färbekraft des in den Blutkörperchen enthaltenen rothen Farbstoffes ist zur Blutmengenbestimmung eine sehr geistreiche Anwendung gemacht worden.

Die Furcht der meisten Menschen bei dem Anblick von Blut, dessen Menge wie alles Erschreckliche gross erscheint, das starke Färbevermögen des Blutes, welches mit wenig Tropfen eine bedeutende Wassermenge in eine stark rothe Flüssigkeit zu verwandeln oder Kleider, besonders weisse Wäsche, in grosser

Ausdehnung zu durchtränken und zu färben vermag, tragen gemeinschaftlich die Schuld, dass man Blutverluste in ihrer Grösse enorm überschätzte — Verwundete schwimmen im Blut! — und danach eine viel zu grosse Blutmenge im Organismus annahm. Wrisberg schätzte die Menge Blut, die ein an Gebärmutterblutung gestorbenes Weib verloren hatte, auf 26 Pfund; in Burdach's Physiologie wird die Blutmenge, die man aus dem Körper eines Enthaupteten gewonnen hatte, auf 24 Pfund angegeben. Man schätzte die Blutmenge des Menschen auf etwa $^1/_7$ des ganzen Körpergewichtes. Nach den besten Untersuchungen, die hierüber Bischoff angestellt hat, ist das Verhältniss bei dem Erwachsenen ein weit geringeres wie 1 : 13. Bei Neugeborenen sinkt es auf 1 : 19 (Welcker).

Diese Blutmengenbestimmungen sind nach der Methode von Welcker gemacht, die von allen zu diesen Ermittelungen versuchten Methoden die genauesten Resultate giebt. Valentin hatte die Blutmenge dadurch zu bestimmen gesucht, dass er bei einem lebenden Thiere eine Blutentziehung machte und die entzogene Blutmenge und den procentischen Wassergehalt desselben bestimmte. Nun spritzte er eine bestimmte Menge Wasser in die Blutgefässe ein. Nachdem er annehmen konnte, dass sich Wasser und Blut im Kreislaufe vollkommen gemischt hatten, entzog er eine neue Blutprobe, in der er wieder die Wassermenge bestimmte. Diese zweite Probe sagte aus, um wieviel durch die bekannte eingespritzte Wassermenge der Gesammtwassergehalt des Blutes zugenommen hatte. Ein einfacher Regeldetriansatz ergab ihm aus diesen Daten die Gesammtblutmenge. Die Resultate nach dieser Methode sind nicht zuverlässig, da man nicht genau weiss, ob wirklich eine gleichmässige Mischung des Wassers mit dem Blute eingetreten ist, und weil sicher das verdünnte Blut sogleich in gesteigerten Diffusionsverkehr mit den Geweben tritt und dadurch seinen künstlich veränderten Wassergehalt sofort wieder auf den normalen Stand zurückzuführen bestrebt ist.

Nach Welcker's Methode wird zuerst eine Blutprobe entzogen, gemessen und ihr specifisches Gewicht bestimmt. Diese Blutmenge verdünnt man mit einer bestimmten Menge Wassers. Aus dem zu untersuchenden Organismus wird dann durch Ausfliessenlassen, Ausspritzen der Gefässe und Auslaugen der Gewebe mit Wasser aller Blutfarbestoff ausgezogen. Man bekommt dadurch eine mehr weniger roth gefärbte Flüssigkeit, deren Menge man bestimmt. Davon bringt man in ein parallelwandiges Glasgefäss eine Probe. In ein genau gleiches Glasgefäss, — es können dazu auch zweckmässig zwei gewöhnliche Probirröhrchen von der gleichen Weite und demselben Glase dienen — sodass die auf ihre Färbung verglichenen Flüssigkeitsschichten immer ganz gleich dick sind, bringt man eine kleine, gemessene Menge des zuerst aufgefangenen unverdünnten Blutes und verdünnt dieses solange mit gemessenen Wassermengen, bis es genau die gleiche Farbe hat wie die »Waschflüssigkeit«. Die Menge der Waschflüssigkeit ist bekannt, die Gesammtmenge der Blutprobe mit dem zugesetzten Wasser ebenfalls. Wir wissen in dieser Probe sind neben so und so viel Wasser so und so viel Blut. Procentisch muss das Wasser und Blutverhältniss in beiden Flüssigkeiten, der Waschflüssigkeit und der Probeflüssigkeit, das gleiche sein, da ihre Färbung die gleiche ist. Eine sehr einfache Rechnung mit einer unbekannten Grösse ergiebt uns die gesuchte Blutmenge

in der Waschflüssigkeit, zu der noch die zuerst zur Probe entzogene Blutmenge hinzu gerechnet werden muss. Da das specifische Gewicht des Blutes bestimmt wurde, so lässt sich Volum leicht auf Gewicht berechnen und so das Blutgewicht mit dem Körpergewicht vergleichen. — Die Methode ist sehr genau. Es thut ihr keinen wesentlichen Eintrag, dass das venöse Blut stets eine etwa grössere Färbekraft besitzt als das arterielle und dass auch die anderen Blutarten darin Unterschiede zeigen.

Bis jetzt sind die Untersuchungen mit dieser Methode noch nicht auf die verschiedenen Körperzustände ausgedehnt worden. Ueber den physiologischen Wechsel der Blutmenge im Allgemeinen und über den Wechsel des Körperchengehaltes im Blute verspricht diese Methode schöne Resultate.

Die Transfusion.

Die Blutmenge kann, ohne dass dadurch das Leben beeinträchtigt würde, nicht unbedeutende Schwankungen erleiden. Es ist das aus den Aderlassen bekannt, die eine frühere Zeit der medicinischen Praxis so vielfältig in Anwendung brachte.

Ueber ein bestimmtes Maximalmaass darf aber der Blutverlust nicht gehen, ohne das Leben in seinem innersten Kerne zu bedrohen.

Die Blutkörperchen und das in ihnen enthaltene Haemoglobin haben die Aufgabe, dem Organismus aus der Luft die nöthige Sauerstoffmenge zuzuführen. Verlassen die Sauerstoffsammelvorrichtungen in grosser Anzahl den Körper, so tritt zuerst Sauerstoffmangel und dann mit Nothwendigkeit Erstickung ein. Die restirende Blutkörperchenmenge genügt dem Sauerstoffbedürfniss des Organismus nicht mehr.

Die Krämpfe, welche die Verblutung begleiten, sind Erstickungskrämpfe.

Das Nervensystem fühlt plötzliche allgemeine Ernährungsstörungen zuerst. Wir sehen bei Verblutenden das Bewusstsein schwinden. Die Herzbewegung wird schwach, das Blut nimmt an Fibrin zu und erhält in hohem Maasse die Neigung zu gerinnen. Diese Momente erhalten vielfältig durch Blutung hoch bedrohte Leben. Indem der geschwächte Herzstoss das entstehende Blutgerinsel von der blutenden Gefässöffnung nicht mehr wegzustossen vermag, wird diese verschlossen, und der Organismus erhält Zeit, seine Verluste an Blutkörperchen durch Neubildung derselben wieder zu ersetzen.

Seit den Versuchen, die im Jahre 1657 von Christoph Wren veranlasst wurden, ist es den Aerzten bekannt, dass es möglich ist, das Leben verblutender Thiere durch Einspritzen frischen Blutes anderer Thiere in ihre Venen zu erhalten.

Die grössten Physiologen aller Zeiten haben sich mit der Bluttransfusion befasst, die in der neuesten Zeit vor allem durch das Verdienst Martin's auch in die ärztliche Praxis eingeführt wurde. Bei Verblutungen besonders im Wochenbette, denen der Arzt sonst hülflos gegenüberstand, ist das Mittel der Transfusion ein souveränes. Bei vielen Krankheiten und Vergiftungen wird die Folgezeit die Bluterneuerung vom grössten Nutzen finden; wir werden sogleich unten einen derartigen Fall zu erwähnen Gelegenheit haben. Es ist

nöthig, dass sich der Arzt mit der Technik der Bluteinspritzung vollkommen vertraut mache, ehe er sie anzuwenden gezwungen ist.

In der letzten Zeit hat die Frage der Transfusion von Seite Panum's eine erneuteingehende Bearbeitung gefunden.

Zur dauernden Erhaltung des Lebens kann nur Blut derselben Species für jedes Thier dienen. Dem Menschen darf nur Menschenblut eingespritzt werden. Es zeigt sich zwar, dass bei verbluteten Thieren durch Einspritzen von Blut einer anderen Species die Functionen des Lebens für einige Zeit in normaler Weise zurückkehren. Diese Thiere gehen aber nach einigen Tagen an unstillbaren Blutungen zu Grunde. Diese rühren nicht davon her, dass man fibrinfreies Blut eingespritzt hatte. Panum räth zur Transfusion nur defibrinirtes Blut an. Nach kurzer Zeit zeigt sich, wenn Blut derselben Species eingespritzt wurde, der Fibrinmangel ersetzt.

Die Technik der Trantfusion ist folgende.

Man legt eine grössere Hautvene blos. In diese führt man durch einen Schnitt eine Canüle ein, die man entweder an die Vene durch einen um diese geführten Faden befestigt oder die sich durch conische Gestalt fest einschieben lässt und dadurch die Wunde luftdicht verschliesst. Die Canüle muss vollkommen mit Flüssigkeit (Wasser, defibrinirtes Blut) gefüllt eingefuhrt werden. Das wird einfach dadurch ermöglicht, dass sie einen verschliessbaren Hahn besitzt. Es hält sich dann in ihr das Wasser wie in einem Heber.

Inzwischen ist das Blut zur Einspritzung zugerichtet worden. Für den Menschen darf nur frisch aus der Ader gelassenes Blut dienen. Dieses wird gequirlt, damit sich aller Faserstoff abscheidet, und dann durch nicht zu grobmaschige gebrauchte Leinwand gegossen, colirt, sodass es von Gerinsel vollkommen frei ist. In einem grösseren Gefässe mit Wasser von der Temperatur des Körpers — besser niedriger als höher — steht das defibrinirte Blut, das durch das Quirlen mit Sauerstoff gesättigt, arteriell wurde.

Das Einspritzen geschieht durch eine gutschliessende grosse Spritze mit der Vorsicht, dass keine Luft mit eingeführt wird. Man richtet die gefüllte Spritze senkrecht in die Höhe, den Stempel unten: Die etwa in der Spritze enthaltene Luft sammelt sich dadurch am oberen Theile an. Nun presst man durch Vorschieben des Stempels, immer noch die Spritze senkrecht haltend, etwas Blut und damit alle Luft aus der Spritze heraus.

Jetzt wird die Spritze mit der in der Vene eingelegten Canüle verbunden, der Hahn der letzteren geöffnet und mit grosser Vorsicht, ohne starken Druck, langsam eingespritzt.

Bei einem etwaigen zweiten Füllen der Spritze wird der Hahn der Canüle zuvor wieder geschlossen.

Treten Athembeschwerden und Uebelsein ein, so muss die Transfusion mit grosser Vorsicht fortgesetzt werden. Zu schnelle Ausdehnung des venösen Systemes kann Herzlähmung und Gefässzerreissung hervorrufen.

Ausser der weiteren Gefahr kleine Gerinsel mit einzuspritzen, welche durch Gefässverstopfung (Embolie) zum Tode führen können, ist besonders das Eintreten von Luft in die Venen zu vermeiden, wodurch momentan der Tod herbeigeführt wird.

Der Lufteintritt in das Blut, der auch bei Operationen nahe am Herzen

durch dort herrschenden negativen Druck im Venensysteme erfolgen kann, besonders wenn durch steife, unelastische Umgebung die Venenwunde am Zusammenfallen gehindert wird, tödtet durch Verstopfung der Kranzarterien des Herzens mit Luftbläschen. Das Herz, dem so kein sauerstoffhaltiges Blut mehr zugeführt werden kann, hört fast momentan auf zu functioniren, ohne dass es bisher gelungen wäre, seine Thätigkeit wieder anzuregen.

Die Bluttransfusion nützt nicht als Ernährungsmittel. Verhungernde Thiere konnte Panum durch Bluteinspritzung nicht am Leben erhalten.

Verhalten des Blutes gegen giftige Gasarten.

Wir haben das Verhalten des Blutes einigen Gasarten gegenüber noch zu beachten, die zwar meist in reiner Luft nicht vorhanden sein dürfen, die aber oft genug zu Störungen des Blutlebens Veranlassung geben.

Man bezeichnet die betreffenden Gasarten gewöhnlich als giftige: Kohlensäure (CO_2), Kohlenoxydgas (CO), Stickstoff (N), Stickoxydgas (NO_2), Schwefelwasserstoff (SH).

Die Wirkung dieser gasförmigen Stoffe auf das Blut ist grundverschieden.

Wenn wir Thiere in einer Stickstoffatmosphäre ersticken sehen, so hat das seinen Grund nicht etwa in einer giftigen Wirkung auf den Organismus, wie die Bezeichnung des Gases voraussetzen lässt. Die Erstickung tritt nur ein, weil die für die Erhaltung der normalen Blutzusammensetzung nöthige Sauerstoffzufuhr zu den Blutkörperchen in der Stickstoffatmosphäre fehlt. Das Oxyhaemoglobin verwandelt sich in reducirtes Haemoglobin, welches zwar die Fähigkeit zur Sauerstoffbindung und damit zur normalen Gewebsernährung noch besitzt, aber keinen Sauerstoff findet, um damit wieder Oxyhaemoglobin zu bilden. Es ist also bei Stickgas nur der Sauerstoffmangel allein, der erstickend wirkt.

Ebenso tödtet reines Wasserstoffgas, das Niemand ein Gift nennt. Auch die Wirkung der Kohlensäure auf das Blut ist von dieser Art. Doch treten bei gesteigerter Kohlensäuremenge in der Atmosphäre und dadurch gehinderter Ausscheidung derselben aus dem Blute, Vergiftungssymptome ein, welche auf Störungen des centralen Nervenlebens beruhen (cfr. Phys. d. nerv. Centralorgane).

Etwas anders gestaltet sich die giftige Wirkung des Schwefelwasserstoffgases. Auch hierbei tritt ein Sauerstoffmangel im Blute ein, aber aus anderen Gründen.

Das Oxyhaemoglobin hat die Fähigkeit, seinen Sauerstoff an leicht oxydirbare Substanzen abzugeben, und sich dabei in reducirtes zu verwandeln. So sah Rollett einige Metalle: Eisen, Zinn, Blei und Antimon das Oxyhaemoglobin reduciren und sich auf Kosten von dessen Sauerstoff oxydiren. Dasselbe thut der mit dem Sauerstoff-haltigen Blutfarbestoff in Berührung kommende Schwefelwasserstoff. Der Wasserstoff desselben wird unter Beschlagnahme des organisirten Sauerstoffs im Blute in Wasser verwandelt, wobei sich der Schwefel ausscheidet. Der Schwefelwasserstoff setzt dadurch (Rosenthal und Kaufmann) freilich auf andere Art als die vorher genannten Gase einen Sauerstoffmangel

des Blutes und in Folge dessen eine wahre Erstickung. Die Blutkörperchen resp. das Haemoglobin verlieren primär durch ihn nicht die Fähigkeit der Sauerstoffaufnahme.

Im lebend mit Schwefelwasserstoff vergifteten Organismus kann es nicht zu den weiteren Zersetzungen des Blutes durch Schwefelwasserstoff kommen, welche schliesslich zu einer Schwärzung desselben führen. (Im Anfang färbt der ausgeschiedene Schwefel das Blut gelbgrün). Sobald das Leben aufgehört hat, wird ja durch die Athmung auch kein Schwefelwasserstoff mehr dem Blute zugeführt.

Kohlenoxydgas und Stickoxydgas gehen mit dem Blutfarbestoff Verbindungen ein ganz analoge, wie es der Sauerstoff thut.

Das Stickoxydgas ist seit den Untersuchungen seiner berauschenden Wirkungen durch H. Davy vielfältig auf seine physiologische Bedeutung geprüft worden. Davy glaubte, dass der in ihm enthaltene Sauerstoff vom Organismus zu seinen Verbrennungen verwendet, dass es im Blute in Stickstoff und Sauerstoff zerlegt werden könnte. Die Untersuchungen von L. Hermann ergaben, dass dem nicht so ist. Das Leben wird durch Stickoxydul nur dann nicht beeinträchtigt, wenn es durchaus mit Sauerstoff gemischt in's Blut gelangt. Es bildet, ohne dass dadurch Sauerstoff aus dem Blute frei wurde, mit dem Haemoglobin eine dem Oxyhaemoglobin analoge Verbindung von Stickoxydulhaemoglobin. Der Sauerstoff des Blutes verzehrt sich unter der Beimischung des Stickoxydules rascher als sonst, indem er Blutbestandtheile oxydirt.

Wichtiger als die Wirkung dieses Gases, das in der Gesundheitspflege nicht in Frage kommt, seitdem es nicht mehr zum Zweck der Berauschung in grösserer Menge fabricirt wird, ist die des Kohlenoxyds.

Das Kohlenoxyd verbindet sich, so wie es mit dem Blutfarbestoff im Blute in Berührung kommt, mit diesem zu Kohlenoxydhaemoglobin. Der Sauerstoff wird dabei vollständig aus dem Blute ausgetrieben, sodass mit Kohlenoxyd geschütteltes Blut sich ganz sauerstofffrei zeigt. Die Wirkung wird dadurch noch gefährlicher und unter Umständen tödtlich, weil die mit Kohlenoxydgas beladenen Blutkörperchen nun nicht mehr im Stande sind, Sauerstoff aufzunehmen. Das Blut nimmt unter der Einwirkung des Kohlenoxydgases eine dunkel kirschrothe Farbe an, die sich an der Luft in extremen Fällen nicht mehr verändert.

Die Erfahrung lehrt, dass von diesem giftigen Gase verhältnissmässig grosse Mengen, wenn sie in kleinen Dosen nach einander in das Blut eintreten, keine bedeutenden Störungen hervorrufen. Auf einmal geathmet würden 1000 Cub. Cent des Gases hinreichen, den Tod beim Menschen herbeizuführen. Bei Hunden kann $1/_5$ der gesammten Blutmenge mit Kohlenoxyd beladen werden, ohne den Tod zu veranlassen. Das Kohlenoxyd verschwindet rasch wieder aus dem Blute, es scheint, dass es durch das Ozon des Blutes in Kohlensäure verwandelt wird.

Ist eine Vergiftung mit Kohlenoxyd eingetreten, so kann durch fortgesetzte künstliche Sauerstoffzufuhr zum Blute, durch künstliche Athmung das Leben gerettet werden. Der noch unvergiftete Antheil an Blutkörperchen, der noch Sauerstoff aufnehmen kann, muss so lange functioniren, bis das Kohlenoxydgas zerstört ist. Ist die Vergiftung eine heftigere, so kann nur eine Zufuhr

neuer, lebenskräftiger rother Blutkörperchen durch Bluttransfusion das Leben erhalten (Kühne).

Die Kenntniss der Einwirkung der genannten Gase auf das Blut hat für den Arzt eine weittragende Bedeutung.

Die Vergiftungen in Gährkellern durch Kohlensäure; in Latrinen durch dasselbe Gas und Schwefelwasserstoff; durch ausströmendes Leuchtgas und Kohlendunst, in denen sich Kohlensäure und Kohlenoxydul finden, beruhen auf dem geschilderten Verhalten des Blutfarbestoffs und der rothen Blutkörperchen gegen diese Gasarten.

Das Kohlenoxydgas ist oft in nicht unbeträchtlichen Mengen im Leuchtgase enthalten und dessen giftige Wirkungen beruhen zumeist auf dieser Beimischung. Henry fand es bis zu 12,3 %. Peligot fand in einem Leuchtgase 28 % dieses giftigen Stoffes! Genug um eine ärztliche Aufsicht bei der Gasröhrenlegung zu rechtfertigen. Ueberall, wo Gasgeruch bemerkt wird, muss sofort der in der Leitung eingetretene Leck aufgesucht und verschlossen werden. Man hat Erfahrungen, dass das Leuchtgas, das im Boden aus Röhren ausströmt, sich unterirdisch weit verbreiten und, indem es sich in entfernte Wohnhäuser zieht und dort ansammelt, Ursache von Erkrankungen der dortigen Bewohner werden kann.

Nachweis des Blutes.

Die Erkennung, ob eine verdächtig gefärbte Flüssigkeit aus Blut besteht, oder Blut in sich enthält, ist in gewöhnlichen Fällen mit dem Mikroskope leicht. Letzteres wird die charakteristischen Blutscheibchen mit ihrer Färbung zeigen, die mit keinem anderen Gebilde verwechselt werden können, so lange sie in ihrer Gestalt nicht alterirt sind. Das Letztere tritt aber nicht unschwer ein, wie schon oben bei der Erwähnung der Wirkung stärkerer oder geringerer Concentration der die Blutkörperchen umgebenden Flüssigkeit angegeben wurde. Durch Wasserentziehung schrumpfen die Körperchen zu zackigen, sternförmigen Gestalten ein, während sie in sehr verdünnten Flüssigkeiten kugelig aufschwellen und einen Theil oder allen Farbstoff austreten lassen. Man muss diese Veränderungen kennen, um sich nicht täuschen zu lassen.

Im verwesenden Blute verschwinden die Blutkörperchen endlich und es tritt an ihre Stelle eine körnige Masse.

Eine mikroskopische Unterscheidung, ob das Blut vom Menschen oder von Säugethieren stammt, ist nicht möglich, da die Blutkörperchen der letzteren keine bemerkbaren Unterschiede von ersterem zeigen. Nur das Kamel und kamelartige Thiere haben ovale Körperchen mit einem Kern. Aehnlich sind die rothen Blutkörperchen der Vögel, Fische und Amphibien, die unter sich nur Grössenunterschiede erkennen lassen. In den Fällen, wo das leicht zu verschaffende Hühner- oder Taubenblut für Menschenblut z. B. bei Krankheitssimulation — Blutbrechen oder Bluthusten — ausgegeben werden soll, kann also die mikroskopische Untersuchung von grossem Werthe sein.

Ist das Blut eingetrocknet, so gelingt es manchmal durch Aufweichen mit Wasser, die Blutkörperchen zum Vorschein zu bringen. Regelmässig soll das nach der Methode von J. Gwosdew gelingen, der eine Mischung von Aether und

Amylalkohol anwendet, welche die Blutkörperchen in nahezu normaler Form wieder sichtbar macht. Es kann mit diesem Gemisch auch die Frage entschieden werden, ob der Blutflecken von faulem oder frischem Blute herrührt. In Flecken aus faulem Blute treten nur feine Körnchen, keine Blutscheibchen hervor.

Man hat in den Veränderungen, welche der Blutfarbestoff unter der Einwirkung von Kochsalz mit Essigsäure erleidet, eine sehr scharfe chemische Probe auf Blut, die vor allem für gerichtliche Zwecke verwendet wird: die Haeminprobe.

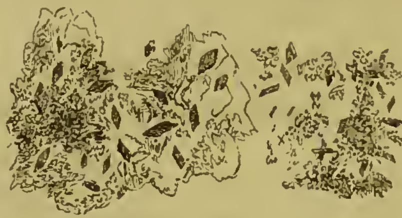
Eine sehr geringe Menge trockenen Blutes — stecknadelkopfgross — reicht zu der Haeminprobe hin. Man mischt das Blutpulver mit etwas wenigem — kleine Messerspitze — Kochsalz und zerreibt beide zusammen sehr fein. Dann breitet man einen Theil der Mischung flach auf ein Objectglas zu mikroskopischem Gebrauche aus, legt ein Deckgläschen darüber und lässt nun einen Tropfen concentrirte Essigsäure (Eisessig) von aussen zufliessen. Nun erwärmt man über einer möglichst kleinen Flamme auf dem Objectglase schwach, bis die Essigsäure eben Blasen zu werfen beginnt, und lässt einige Minuten abkühlen (Fig. 78).

Fig. 79. (*K.*)



Krystalle des Haemin.

Fig. 78. (*F.*)



Teichmann'sche Krystalle.

Nun zeigt das Mikroskop zwischen farblosen Krystallen von Kochsalz und essigsaurem Natron kleine schwarze Krystalle von Haemin in grösserer oder geringerer Anzahl. Hie und da ist die Krystallisation nicht eingetreten, neuer Essigsäurezusatz und neues Erwärmen bringt sie dann hervor. Flüssiges Blut giebt die Krystalle nicht, nur eingetrocknetes, mag es vorher frisch, faul oder gekocht gewesen sein.

Das Haemin ist nach Hoppe-Seyler salzsaures Haematin, das in Essigsäure ohne Zersetzung löslich ist (Fig. 79).

Elftes Capitel.

Die Blutbewegung.

I. Das Herz.

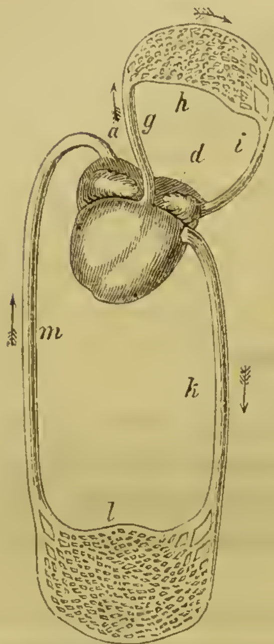
Allgemeine Beschreibung der Blutbahn.

Die Bewegung des Blutes beginnt im Herzen und kehrt, nachdem sie die Bahnen der Gefässe durchlaufen, wieder zu ihrem Ausgangspuncte zurück, sie ist also ein Kreislauf, und geschieht immer in derselben Richtung. Der Hauptbewegungsantrieb geht vom Herzen aus, das als doppeltes Pumpwerk in den Mittelpunct der Blutbahn eingesetzt ist.

Die Blutbahn beginnt mit einem einfachen, röhrenförmigen Gefässe — Aorta — welches aus der linken Herzhälfte entspringt; sie verzweigt sich in der Folge vielfältig und verbreitert sich dadurch bedeutend, da die Querschnitte der aus einem einfachen Gefässe entspringenden Zweige in der Ueberzahl der Fälle grösser ist, als der Querschnitt des einfachen Gefässes war. Die Zweige werden immer feiner und schliesslich zu den sogenannten Capillaren, welche die kleinsten Gewebsabschnitte regelmässig umspinnen und im hohen Maasse geeignet sind, mit den Gewebsflüssigkeiten in Diffusionsverkehr zu treten. Während die grösseren Gefässe durch ihren inneren Epithelbeleg während des Lebens für Flüssigkeiten ganz undurchgängig sind, unterscheiden sich die Wände der Capillaren von den Zellmembranen im Wesentlichen nicht, setzen also auch den Diffusionsströmen keine grösseren Hindernisse wie jene in den Weg. Diese breiteste Stelle der Gefässbahn, das Capillargefässsystem, verschmälert sich endlich dadurch wieder, dass die Capillaren sich zu grösseren Stämmchen vereinigen, die dann in umgekehrter Weise, als die oben geschilderte Verzweigung vor sich ging, zu immer grösseren und weiteren Stämmen zusammentreten, und in die rechte Herzhälfte, welche von der linken durch eine Scheidewand vollkommen getrennt ist, einmünden. Man nennt diesen eben beschriebenen Weg gewöhnlich den grossen Kreislauf, doch mit Unrecht, da das Blut hier zwar zum Herzen aber noch nicht zu seinem wahren Ausgangspuncte zurückgekehrt ist, erst die ganze Blutbahn bildet einen in sich geschlossenen Cirkel. Um diese zu vollenden, wird das Blut aus dem rechten Herzen durch ein einfaches Gefäss: die Lungenarterie, A. pulmonalis in

die Lunge getrieben, wo es ein zweites Capillargefässsystem zu durchlaufen hat, aus dem es in mehreren Gefässen dem linken Herzen wieder zuströmt um von dieser seiner Ausgangsstelle denselben Weg und Kreislauf von Neuem zu beginnen. Im Gegensatz zu dem grossen Kreislaufe wird die Bahn des Blutes durch die Lungen von der rechten zur linken Herzkammer als kleiner oder Lungen-Kreislauf bezeichnet (Fig. 80).

Fig. 80.



Kreislaufsschema. *k* Arterie des grossen Kreislaufs, die sich bei *l* in die Capillaren auflöst, *m* die daraus entspringenden Venen des grossen Kreislaufs, die bei *a* in den rechten Vorhof einmünden, *g* Lungenarterie, *h* Lungencapillaren, *i* Lunvenen, die bei *d* in den linken Vorhof einmünden.

In den beiden Abschnitten des Gefässsystemes im grossen und kleinen Kreislaufe sehen wir das Blut bis zur Auflösung der Bahn in die Capillargefässe vom Herzen weg, dann, nachdem sie die Capillaren passirt, wieder dem Herzen zuströmen. Die Gefässe, welche das Blut centrifugal zu den Capillaren führen, heissen im grossen und kleinen Kreislaufe Arterien; die Gefässe, welche centripetal von den Capillaren zum Herzen das Blut leiten, werden als Venen bezeichnet.

Aus dem linken Herzen strömt in den Arterien des grossen Kreislaufes hellrothes, arterielles Blut den Geweben zu. In den Capillaren verändert sich die Farbe des Blutes, indem es Sauerstoff an die Gewebe abgiebt und dafür Kohlensäure in sich aufsaugt, es wird dadurch dunkelblaurothes venöses Blut. Dieses venöse Blut strömt in den Venen zu dem rechten Herzen zurück. Die Haupterneuerung des Blutes, die dem im Verkehr mit den Gewebsflüssigkeiten dunkel gewordenen Blute seine arterielle, hellrothe Farbe wieder ertheilt, geschieht in der Lunge. Das Gefäss, welches das noch dunkel gefärbte, venöse Blut aus dem rechten Herzen der Lunge zuführt, wird nach dem oben angeführten Grundsatze, dass alle Gefässe, welche das Blut vom Herzen wegführen, Arterien heissen, als Lungenarterie bezeichnet. Sie führt aber kein arterielles, rothes sondern dunkeles, venöses Blut. In den Lungencapillaren geht die wichtige Farben- und Eigenschaftsänderung des Blutes vor sich, die Lungenvenen, welche das Blut aus den Lungen zu dem linken Herzen zurückführen, enthalten sonach nicht venöses sondern hellrothes, arterielles Blut.

Die Gesammtblutmenge hat die besprochenen zwei Capillarsysteme zu durchfliessen. Ein Theil des Venenblutes, und zwar das aus den Capillaren der Milz und des Darmes stammende, wird in einem kurzen Venenstamm, der Pfortader, vereinigt, die sich in der Leber noch einmal zu einem Capillarensysteme auflöst, das sein Blut in den Lebervenen von neuem sammelt und durch die untere Hohlader dem rechten Herzen zusendet. Dieser Antheil des Blutes durchsetzt also ein dreifaches Capillarsystem, ehe es zu dem linken Herzen wieder zurückkehrt.

Sehen wir von der Pfortader ab, so zerfällt die gesammte Blutbahn in zwei symmetrische Hälften, in eine, welche arterielles Blut und in eine zweite, welche venöses Blut führt. Das arterielle Blut fliesst von den Lungencapillaren zur

linken Herzkammer und von da zu dem Körpercapillarsystem, das venöse Blut strömt dagegen von dem letzteren Capillarsysteme aus zu den Lungencapillaren durch die rechte Herzkammer. Linke und rechte Herzkammer sind functionell so vollkommen von einander geschieden, dass man sie wohl auch kurz als linkes und rechtes Herz bezeichnet. Beide Bahnhälften haben also sonach etwa in der Mitte ihres Verlaufes je ein Herz als Pumpwerk eingeschaltet, das die Bewegung des Blutes in ihnen besorgt.

Die Entdeckung des Kreislaufs.

Die Erkenntniss des Blutkreislaufes, ohne die eine eigentliche Erkenntniss der organischen Vorgänge im Körper der Thiere und Menschen unmöglich war, ist erst eine verhältnissmässig sehr neue Errungenschaft der Physiologie. Das Alterthum und das Mittelalter hatten von diesem Vorgange keine Ahnung, also auch noch keine Physiologie. Hippokrates nannte alle blutführenden Gefässe Adern. In dem ihm zugeschriebenen Buche über die menschliche Natur sehen wir die aufgezählten vier Hauptgefässpaare nicht einmal mit dem Herzen in ihrer nothwendigen Verbindung. Das erste Gefässpaar entspringt im Nacken und endigt auswärts, das zweite beginnt am Kopfe, bildet am Halse die Drosseladern und endet an der Fusssohle; das dritte verläuft von den Schläfen durch die Brustorgane zum Mastdarm; das vierte beginnt an der Niere, geht durch die Lungen nach den Armen bis zu den Fingern, beugt aber von da zu den inneren Theilen des Leibes zurück. Aristoteles' Lehre stimmt im Allgemeinen mit der Hippokratischen in Beziehung auf die Blutgefässe überein. Er nennt die Luftröhre Arterie. In einem späteren, dem Aristoteles wohl fälschlich zugeschriebenen Werke (Arist. de spirit. C. 5.) wird aber erst die so lange herrschend gebliebene Ansicht über die Arterien aufgestellt. Man unterschied sie von den Venen und behauptete, dass sie nicht Blut sondern Luft führten. Die Lungenvenen bringen den »belebenden Lufthauch« von der Lunge her und dieser ergiesst sich in die Arterien. Nach der Lehre Galen's enthalten die Arterien nicht blosse Luft sondern nur ein feineres, reineres, luftartigeres Blut als die Venen, aus denen sie übrigens gespeist werden. Der Hauptirrthum, welcher dieser Anschauung der alten Zeit zu Grunde lag, und sich während des ganzen Mittelalters erhielt, war der, dass man das Blut sowohl in den Arterien als in den Venen vom Herzen weg fliessen glaubte. Berengar 1502—1527 Professor in Bologna, entdeckte zuerst an einigen Puncten die Klappen in den Venen, welche eine Bewegung der Flüssigkeit in ihnen nur dem Herzen zu gestatten. Fabricius von Aquapendente beschrieb diese Klappen 1574 in den meisten Venen des Körpers. Vorher schon hatte Michael Serveto 1553 die Bewegung des Blutes aus dem rechten Herzen durch die Lungen in das linke Herz anerkannt, während man sonst ein Durchschwitzen desselben aus der rechten in die linke Herzkammer durch die Scheidewand annahm. Die Entdeckung des eigentlichen Gesammtvorganges der Blutbewegung war aber dem grossen Engländer Wilhelm Harvey aus Falkston (geb. 1578, gest. 1657) vorbehalten. Siebzehn Jahre der Forschung hatten in ihm die Lehre vom Kreislaufe zur Gewissheit erhoben; er trat damit im Jahre 1619 öffentlich hervor

und lehrte die Rückkehr des Blutes durch die Venen und schliesslich durch die Hohlvenen in die rechte Herzkammer. Das Blut strömt von hier zu den Lungen, von ihnen neubelebt zur linken Herzkammer, welche es dann durch die Arterien nach allen Theilen des Körpers entsendet. Schon 1630 trugen W. Rollfink, 1637 Ren. Cartesius die neue Lehre in Deutschland und Frankreich vor. Wir werden in einem späteren Capitel sehen, in wie inniger Beziehung diese grösste Entdeckung in der Physiologie zu einer kaum minder grossen: der Enträthselung des inneren Vorganges der Athmung steht.

Physiologische Anatomie des Herzens.

Wir beginnen unsere specielle Betrachtung des Kreislaufes mit dem Centralorgane desselben, mit dem Herzen, dessen active Zusammenziehung die Kraft liefert, welche das Blut durch die Arterien und Capillargefässe in die Venen einpresst: das Herz ist eine Druckpumpe.

Es ist Sache der Anatomie den zweckmässigen Bau des Herzens in seinen Einzelheiten zu schildern. Für unsere Zwecke genügt es vorerst, zu wissen, dass das Herz ein musculöser Schlauch ist, der in vier Hohlräume zerfällt, von denen je zwei, Vorkammer und Kammer, direct in einander münden, von den beiden andern aber durch eine vollkommene Scheidewand getrennt sind. An den Einmündungsstellen der Vorkammern in die Kammern, sowie an den Anfangsstücken der aus den Herzkammern entspringenden beiden grossen Arterien: Aorta und Pulmonalis stehen ventilartige Klappen, welche im normalen Verhalten die Blutbewegung nur in dem Sinne des Kreislaufes gestatten, indem sie sich jedem Rückwärtsströmen vollkommen widersetzen.

Die Gesammtgrösse und das Gewicht des Herzens ist ziemlich bedeutenden Schwankungen unterworfen. Im Mittel wiegt es (Krause) etwa 10 Unzen und schwankt zwischen 7 und 15. Bei Frauen ist es im Durchschnitte etwas kleiner als bei Männern, überhaupt hängt die Herzgrösse auf das Innigste mit der Gesammtentwickelung des Organismus zusammen.

Das Herz ist in eine seröse Hülle: den Herzbeutel, Pericardium eingestülpt, dessen inneres Blatt die Aussenfläche des Herzens überzieht.

Im Innern werden alle vier Herzhöhlungen von einer Fortsetzung der innern Gefässhaut: dem Endocardium ausgekleidet, das an den Vorhöfen dick ist und wesentlich zu deren Elasticität beiträgt. Zwischen dem visceralen Blatte des Herzbeutels und dem Endocardium liegt die Musculatur des Herzens. Ihre Bündel sind roth und quergestreift wie bei den Skeletmuskeln, obwohl die Herzbewegung nicht dem Willen unterworfen ist. Die Muskelschläuche scheinen hier im Allgemeinen schmäler als in den willkürlichen Muskeln, das Sarcolemma meist undeutlich; auch die Querstreifung ist sehr oft durch eine körnige Trübung des Inhaltes der Primitivmuskelschläuche verwischt. Das Zwischenbindegewebe ist wenig entwickelt, sodass man nicht so wie bei anderen quergestreiften Muskeln schärfer gesonderte Muskelbündel nachweisen kann. Die mikroskopischen Muskelschläuche sind sehr eng mit einander verbunden und es fällt bei ihnen die Erscheinung der Theilung und Verbindung von Muskelschläuchen mit einander durch längere oder kürzere Verbindungs-

stücke auf, sodass die mikroskopischen Muskelelemente netzförmig verbundene Reihen darstellen. Auch in anderen quergestreiften Muskeln z. B. Ileopsoas des Kaninchens lassen sich derartige Verbindungen, wenn auch seltner, doch sicher nachweisen, sodass sie nicht als ausschliessliche Eigenthümlichkeit der Herzmusculatur aufgefasst werden dürfen. Sie mögen mit zu der mannigfaltigen Durchkreuzung der Bewegungsrichtungen der Herzmusculatur beitragen (Fig. 81). An den Herzkammern liegt die Musculatur in mehreren Lagen übereinander, besonders das linke Herz ist durch dicke Wandungen ausgezeichnet, das rechte Herz ist weit dünnwandiger. Die Muskellage an den Vorkammern ist verhältnissmässig nur spärlich.

Fig. 81. (*F.*)

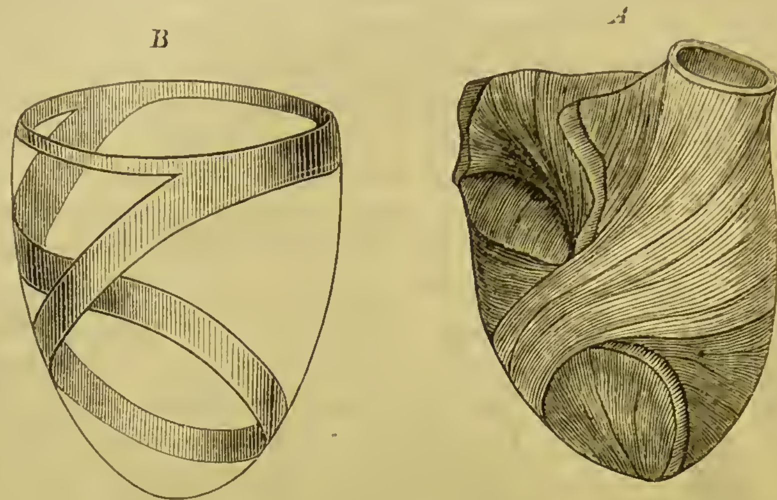


Zwei Muskelfäden des menschlichen Herzens (*a. b*) baumartig verzweigt (*d*) und netzartig verbunden (*c*).

Der Verlauf der Muskelfasern des Herzens ist sehr verwickelt, und noch immer nicht in all seinen Einzelheiten so vollkommen erkannt, dass man die Herzcontractionen vollkommen aus ihrer Anordnung erklären könnte. Sicher ist es, dass Vorkammer- und Kammermusculatur gänzlich von einander getrennt sind. Die Ursprungsstelle beider liegt vorzüglich an den Einmündungsöffnungen der Vorkammern in die Kammern und der Ausmündung der Arterien, wo sich jene dichten sehnigen Ringe finden, welche die genannten Oeffnungen umkreisen und aus der Anatomie als Annuli fibroeartilaginei bekannt sind. Die Muskelfasern der Vorhöfe gehen ebenso wie die der Kammern von einer Hälfte auf die andere über. Die Scheidewand der Vorhöfe gehört in ihren Fasern sowohl dem rechten als dem linken Vorhofe an. Auch die Kammerscheidewand ist der Musculatur der beiden Kammern gemeinschaftlich. Nach Kölliker ist die Musculatur in den Kammern im Allgemeinen so angeordnet, dass die Fasern sich sowohl an der inneren als äusseren Fläche in ihrem Verlaufe durchkreuzen und dass sich dazwischen Uebergänge aus der einen in die andere Richtung erkennen lassen. Die Muskeln entspringen an den Klappenringen (Ostia venosa und Aorten- und Pulmonalmündung) theilweise mit kurzen Sehnen, theilweise direct, verlaufen dann in verschiedenen Richtungen: entweder schief, der Länge nach oder quer, biegen sich, nachdem sie in einer der angegebenen Richtungen einen grösseren oder kleineren Abschnitt der Kammern umkreist haben, wieder zurück zu ihrem Ursprung, in dessen Nähe sie sich wieder ansetzen. Sie bilden also fast überall grosse Schleifen (Fig. 82), die sich in ihren Richtungen auf das Mannigfaltigste durchkreuzen und fast alle mehr weniger um sich gedreht sind. Ein Theil der Fasern gelangt nicht mehr ganz zu ihrem Ausgangspuncte zurück, sondern endet in den Papillarmuskeln und den Sehnenfäden der Klappen (Chordae tendineae) und tragen bei der Contraction des Herzens activ mit zum festen Verschluss der Herzklappen bei, die grössten Theiles passiv durch ihre mechanischen Einrichtungen verschlossen werden.

Das Endocardium überzieht die ganze vielgestaltige Innenfläche des Herzens mit allen Hervorragungen und Klappen. Letztere, welche aus Bindegewebe mit eingelegten elastischen Fasernetzen bestehen, werden auf ihren

Fig. 82.



Schema des Faserverlaufs der Herzkammermusculatur (nach LUDWIG).

beiden Flächen von dem Endocardium gedeckt, sodass man noch bis gegen ihren Rand drei gesonderte Lagen an ihnen unterscheiden kann. Am Rande verschmelzen letztere. Das Endocardium überzieht dort die faserige Haut nur noch mit ihren Epithelzellen. Das Endocardium ist von weisser, sehnenartiger Farbe und lässt drei Schichten unterscheiden: ein Epithel aus vieleckigen oder gestreckten, kernhaltigen, platten Zellen, welche eine mehr oder weniger dicke Lage elastischen Gewebes bedeckt, das sich besonders in den Vorkammern und zwar am meisten in der linken verdickt zeigt. Eine schwache Bindegewebslage befestigt das Endocardium an seine Unterlage. Im Innern der Herzkammern ist es so dünn, dass überall die natürliche Farbe der Muskeln durchschimmert, doch auch hier lassen sich die drei Schichten noch nachweisen.

Die Blutgefässe, welche das Herz selbst mit Blut versorgen, umspinnen mit ihren Capillaren in rechteckigen Maschen häufig nicht nur eine wie bei den anderen quergestreiften Muskeln sondern mehrere der dünnen, mikroskopischen Muskelfasern. Auch in die Klappen gelangen kleine ernährende Gefässchen. Unter dem visceralen Blatte des Herzbeutels finden sich reichliche Lymphgefässe.

Chemie des Herzfleisches.

Die chemische Zusammensetzung des Herzfleisches stimmt im Allgemeinen mit der der willkürlichen, quergestreiften Muskeln überein. Wir werden bei der Betrachtung der Aenderung der chemischen Zusammensetzung des Muskelfleisches durch vorausgegangene bedeutende mechanische Leistungen (Contractionen) erkennen, dass das Herz sich wie ein stark angestrengter Muskel verhält, was bei seiner rastlosen Thätigkeit auch nicht auffallen kann. Es zeigt vor allem constant einen ziemlich viel höheren Wassergehalt als die übrigen

Körpermuskeln. E. Bischoff fand in den Stammmuskeln eines Hingerichteten:

	feste Stoffe	24,3 %
	Wasser	75,7 %
Im Herzfleische:		
	feste Stoffe	20,8 %
	Wasser	79,2 %

Aehnliche Verhältnisse finden sich bei allen Säugethieren. Der Fleischsaft des Herzens ist ausgezeichnet durch das Vorkommen einer nichtgährungsfähigen Zuckerart: des Inosit (Scherer), welche in anderen Muskeln noch nicht mit Sicherheit erwiesen ist und daran erinnert, dass auch die angestrengte Stammmusculatur eine Zunahme ihres Zuckergehaltes gegenüber den ruhenden Muskeln erkennen lässt. Man wollte bisher einen grösseren Gehalt des Herzfleisches an Kreatin aufgefunden haben als in den übrigen Muskeln desselben Thieres; Gregory fand im Ochsenherzen 1,4, im Ochsenfleisch nur 0,6 pro mill Kreatin. Das Verhältniss ist gerade umgekehrt, das Herz enthält weniger Kreatin, dagegen stets einen Gehalt von Kreatinin, das den ruhenden Muskeln gewöhnlich fast vollkommen fehlt und durch die Einwirkung der während der Contraction entstehenden sauren Reaction des Muskelsaftes aus dem Kreatin gebildet scheint. In Beziehung auf die übrige Zusammensetzung gilt alles bei den Skeletmuskeln Gesagte.

Die Bewegungen des Herzens.

Das Herz ist während des Lebens unausgesetzt thätig. Es ziehen sich seine Vorkammern und Kammern in abwechselndem Rhythmus zusammen und erschlaffen, erweitern sich wieder. Die Zusammenziehung heisst Systole, die Erweiterung Diastole. Die beiden Vorkammern arbeiten immer gemeinschaftlich, gleichzeitig, ebenso die beiden Herzkammern, dagegen wechseln die Contractionen der Vorkammern mit denen der Kammern ab. Während die Vorkammer sich contrahirt, ist die Kammer erschlafft und umgekehrt, sodass also das Herz niemals ganz ruhig zu sein scheint. Nähere Beobachtungen haben aber ergeben, dass es doch eine kleine Pause giebt, während deren das gesammte Organ ruht. Diese Pause folgt auf jede Kammersystole. Während sich dann die Kammern erweitern, folgt auf die Pause eine Contraction der Vorkammern, dann eine immer etwas länger dauernde Zusammenziehung der Kammern, auf welche dann wieder die kurze Gesammtruhe eintritt, nach deren Ablauf die Contractionen in steter Regelmässigkeit wieder beginnen.

Während der Gesammtpause der Contractionen saugt sich das Herz ganz mit Blut voll, sodass sowohl Vorkammern als Kammern mit Blut erfüllt sind. Die Erweiterung, auf welcher diese Ansaugung beruht, geschieht zum Theil durch die Wirkung der Elasticität des Herzens, — auch ausgeschnittene Herzen erweitern sich noch nach der Contraction; — ein Hauptgrund der eintretenden Erweiterung im unversehrten Organismus liegt aber auch in dem negativen Druck, der in der Brusthöhle, in der das Herz mit den grossen Gefässen eingeschlossen liegt, herrscht. Der Einfügungsmodus der Lungen in dem Brustraume bringt es mit sich, dass sie, auch ehe sich der Brustkorb bei der Ein-

athmung erweitert, über die natürliche Grenze ihrer Elasticität ausgedehnt sind. Dadurch wird beständig auf alle in der Brusthöhle selbst liegenden oder sie begrenzenden Organe ein negativer oder Saugdruck ausgeübt, der die betreffenden Organe in den von den übermässig ausgedehnten, sich zu verkleinern bestrebten Lungen eingenommenen Raum hineinziehen muss. Hierin liegt der Grund, warum wir bei mageren Leuten die Zwischenrippenräume beim Athmen einsinken sehen, und warum stets alle Hohlorgane in der Brusthöhle ausgedehnt erhalten werden. Sowie die Herzcontraction nachlässt und den Wirkungen des negativen Druckes in der Brusthöhle keinen Widerstand mehr entgegensetzt, dehnt sich das Herz aus und saugt die Vorkammern und Kammern aus den grossen Venen mit Blut voll. Ein etwaiger Rückfluss des Blutes aus den Arterien in das Herz ist während der Diastole durch den Verschluss der Semilunarklappen gehindert. Wenn also die Herzcontractionen beginnen, ist sowohl in Vorkammern als Kammern schon Blut.

Die Systole der Vorkammern wird zuerst an den Venenmündungen als Contraction und Verengerung sichtbar, von da schreitet sie über die ganze Musculatur in der Vorkammer fort. Das in der Vorkammer enthaltene Blut wird durch den erhöhten Druck, da ein Rückfluss in die grossen Venen durch die active Verengerung ihrer Mündungen und die entfernteren Venenklappen gehindert ist — an der Coronarvene und der unteren Hohlvene existiren sogar an ihrer Einmündungsstelle wahre Klappeneinrichtungen — in die Kammer eingepresst, deren Atrioventricularklappen offen stehen, und deren Wände während ihrer Erschlaffung noch einer stärkeren Ausweitung fähig sind. Die Kammer kann also noch so lange Blut in sich aufnehmen, bis der Druck in Vorhof und Kammer gleichgeworden ist. Ein ganz geringer Druckunterschied zu Gunsten der Kammer reicht dann hin, die Klappen zwischen Vorkammer und Kammer zu schliessen. Es scheint dieses Uebergewicht zu Gunsten des Druckes in der Kammer dadurch zu Stande zu kommen, dass gegen Ende der Vorkammersystole, wenn der Druck auf beiden Seiten gleich geworden ist, die Energie ihrer Zusammenziehung etwas nachlässt. Das Blut sucht aus der ausgedehnten Kammer zurückzuströmen und presst dadurch die Zipfel der Klappen an einander. — Nun folgt die Systole der Kammer während der Vorhof erschlafft. Der Verschluss der Kammer- Vorkammerklappe wird in Folge davon noch fester. Einmal, weil der durch die Contraction gesteigerte positive Druck in der Kammer die Klappenzipfel stärker an einander presst; andrerseits werden aber auch durch die Contraction der Papillarmuskeln, an die sich die Klappenzipfel durch Sehnenfäden anheften, die sich entsprechenden Klappenzipfel einander genähert. Die Sehnenfäden der beim Schluss an einander liegenden Klappentheile setzen sich meist an demselben Papillarmuskel an, sie werden also durch seine Contraction gegen einander gezogen. Ein vollkommener Verschluss dieser Klappen ist aber wie angegeben schon vor der Contraction vorhanden, da bei der Systole der Kammern gar kein Zurückströmen von Blut in die Vorkammer stattfindet.

Die Contraction der Kammern steigert den Druck so weit, dass die gespannten Semilunarklappen der Arterie geöffnet, an die Arterienwand angepresst werden und den Austritt des Blutes aus der Kammer in die Arterie gestatten. In dem Anfangstheile der Arterie wird durch die stärkere Füllung

natürlich momentan der Druck bedeutend gesteigert. Sowie die Diastole der Kammer eintritt wird in ihr der Druck, wie wir gesehen haben, negativ, es füllt sich von den Venen her mit Blut. Die Semilunarklappen aber schlagen, durch den in der Arterie nun entstehenden Ueberdruck ausgedehnt und an einander gepresst, wieder zusammen und bilden einen so vollkommenen Verschluss, dass aus der Arterie kein Tropfen Blut in die Kammer zurückfliesst.

Wir sind im Stande alle die genannten Vorgänge dem Auge sichtbar zu machen. Ein ausgeschnittenes Froschherz schlägt noch Stunden lang fort, aber auch bei Säugethieren, denen wir die Brusthöhle geöffnet haben, sieht man, wenn künstliche Athmung unterhalten wird, die Contractions-Erscheinungen des Herzens sehr schön, und der in Worten nur schwer anschaulich zu beschreibende Vorgang wird durch den Anblick leicht verständlich. Besonders wenn bei beginnender Ermüdung des Herzens sich die Contractionen langsamer folgen.

Form- und Lageveränderung des Herzens bei der Contraction.

Die Herzcontractionen sind selbstverständlich mit Formveränderung des ganzen Herzens verknüpft. Alle Muskeln werden bei der Contraction kürzer und dicker, ebenso das Herz. Sein Längendurchmesser wird etwas verkürzt, sein Dickedurchmesser von vorne nach hinten nimmt dabei etwas zu. Die Kammern haben eine kegelförmige Gestalt, deren Basis an der Vorhofsgrenze liegt. Während der Diastole der Kammern ist die Gestalt des Durchschnittes der Kammerbasis elliptisch. Der kleine Durchmesser der Ellipse läuft von vorne nach hinten, der grosse von rechts nach links. Während der Systole verändert sich die elliptische Form in eine kreisrunde, der Querdurchmesser wird also verkürzt, während der Durchmesser von vorne nach hinten um ebensoviel vergrössert wird.

Ausser dieser Formänderung wechselt das Herz bei jeder Contraction auch etwas seine L a g e im Brustraume. Indem es sich um eine durch den längern Durchmesser der elliptischen Kammerbasis gelegte Queraxe dreht, wird die Herzspitze etwas nach vorwärts gerückt. Dieses »A u f r i c h t e n d e r H e r z s p i t z e« ist auch an ausgeschnittenen auf der Hinterseite liegenden Froschherzen noch deutlich zu sehen, sodass es also nicht von der Aufhängungsweise des Herzens in der Brust herrühren kann. Auf dieser Ortsveränderung der Herzspitze beruht der bei den meisten Menschen zwischen der 5. und 6. Rippe zu fühlende H e r z s t o s s, oder H e r z s c h l a g. Die Hebung drückt die schon während der Diastole an der Brustwand anliegende Herzspitze an diese an und wölbt bei mageren Individuen den betreffenden Zwischenrippenraum sichtbar in die Höhe. Fast immer ist der Herzstoss wenigstens für den aufgelegten Finger fühlbar. Bei tiefer Inspiration rücken die Lungenränder beider Lungen über das Herz her, indem sie sich zwischen Brustwand und Herzbeutel einschieben. Dadurch kann der Herzstoss ganz verdeckt werden. Bei der Exspiration muss er am deutlichsten sein, weil dann das Herz mit einer ziemlich bedeutenden Fläche von den Lungen nicht bedeckt der inneren Brustwand anliegt.

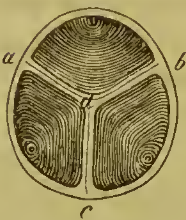
Die Herzklappen und ihr Schluss.

Das Spiel der Klappen kann bei ausgeschnittenen Herzen, deren Vorhöfe man abgeschnitten und in deren Arterien man Glasröhren eingebunden hat, unter Wasser schön betrachtet werden.

Der Uebergang des Blutes aus der Vorkammer in die Kammer wird durch die venösen oder Atrioventricular-Klappen — Valvulae venosae — geregelt. Nach der Zahl ihrer häutigen Zipfel wird die Klappe des linken Herzens als Valvula bicuspidalis oder mitralis benannt, die Klappe des rechten Herzens als Valvula tricuspidalis.

Wir verstehen den Bau dieser Klappen am leichtesten, wenn wir uns an ihrer Anheftungsstelle an den fibrösen Ringen der Vorhofsgrenze einen zartwandigen Schlauch, etwa ein Darmstück angesetzt denken, welches in die Kammerhöhlung frei hereinhängt und an seinem freien Ende durch einige Fäden an die Kammerwand befestigt ist. Füllen wir die Kammer nun durch dieses Ventil mit Wasser und suchen es bei verschlossener Arterie durch Zusammenpressen des Herzens aus der Eingussöffnung wieder zurückzupressen, so gelingt uns das nicht, die freien Ränder des Schlauches werden zusammengepresst, die Fäden hindern ein Umstülpen und je stärker wir drücken, desto fester wird dieser ebenso einfache als sinnreiche Ventilverschluss. Es leuchtet ein, dass ein Schluss auch dann noch erzielt werden kann, wenn der Ventilschlauch gegen sein freies nur mit Fäden angeheftetes Ende in zwei der drei Zipfel gespalten ist; ein gesteigerter Druck wird ihre Ränder ebenso fest zusammenpressen, als wenn ein mit einer kreisförmigen Oeffnung versehener Schlauch vorhanden wäre. Bei dem Verschluss legen sich die Klappen nicht flächenhaft vor die zu verschliessende Oeffnung; die geschlossenen Zipfel begrenzen einen in die Vorkammer offenen kegelförmigen Raum, sodass sich die Höhlung der Vorkammer in den geschlossenen Klappen mit einer kegelförmigen Spitze in das Kammerlumen herein fortsetzt.

Fig. 83



Die Semilunarklappen geschlossen. *a b c* Berührungslinien der Klappenränder. *d* Die an einander stossenden Knötchen der Klappen.

Die Art der Wirkung der taschenförmig an der Mündung der Arterien stehenden halbmondförmigen oder Semilunar-Klappen ist leicht verständlich. Der Blutstrom aus der Kammer sucht sie gegen die Wand anzupressen und macht dadurch den Weg in die Arterie frei. Versucht das Blut in die Kammer zurückzuströmen, so buchtet es die sich entgegenstemmenden Taschenventile aus und drückt ihre freien Ränder gegen einander, die sich dann in der bekannten sternförmigen Figur aneinander legen (Fig. 83).

Herztöne.

Der Klappenschluss geschieht so rasch und mit solcher Energie, dass dadurch Töne entstehen, die man zu hören bekommt, wenn man das Ohr in der Herzgegend auf die Brust auflegt, oder ebenso wenn man das Ohr mit dem

freiliegenden, schlagenden Herzen bei geöffneter Brustwand durch das Stethoskop in Berührung setzt. Der erste Herzton, der am deutlichsten an der Stelle des Herzstosses zwischen der 5. und 6. Rippe gehört wird, ist mehr dumpf, andauernd; der zweite im dritten Rippenzwischenraum beiderseits vom Brustbeine am schärfsten hörbar, ist kurz, klappend, hell. Der erste Ton entspricht der Systole der Kammern und entsteht wohl sicher durch das Erzittern der während ihres Verschlusses stark gespannten Klappenmembranen. Man hat ihn auch als Muskelgeräusch, das bei der Contraction des Herzmuskels entstehe, erklären wollen. Führt man den Finger in das sich contrahirende Herz ein, so fühlt man während der Systole deutlich ein Erzittern der Klappen, wie es die erstgegebene Erklärung voraussetzt. Der zweite, der Diastole entsprechende Ton, entsteht zweifellos durch den plötzlichen Verschluss der Semilunarklappen der Arterien.

Die letzten Mittheilungen über Anlagerung des Herzens an der Brustwand, Herzstoss, Herztöne sind für die Pathologie und zwar vor allem für die Diagnose der Herzkrankheiten von der allereinschneidendsten Bedeutung. Die Herztöne ändern sich, wenn eine der Klappen irgend eine Form- oder Elasticitätsänderung erfährt. Die Klänge verlieren ihre musikalische Bestimmbarkeit und werden zu blasenden, schnarrenden, kratzenden etc. Geräuschen. Die Veränderung des ersten Tones ist an eine Erkrankung der venösen, des zweiten an eine der arteriellen Klappen geknüpft. Es ist möglich durch rechts- oder linksseitiges Auscultiren an der Brustwand die erkrankte Klappe noch näher zu bestimmen. Die Darstellung dieser Verhältnisse wird in einer allgemeinen Pathologie in ausgedehnterer Weise stattfinden müssen als hier, wo uns die für die Pathologie und Diagnose wichtigen Einzelfragen ferner liegen. Schon eine einfache Betrachtung des staunenswerthen Mechanismus der Herzpumpe lässt uns aber erkennen, wie bedeutend Fehler in den Ventilverschlüssen die Bluteirculation und damit alle Organfunctionen beeinträchtigen müssen.

Mechanische und chemische Einflüsse auf die Herzbewegung.

Die Herzbewegungen stehen nicht direct unter dem Einflusse des Willens, doch können wir sie durch willkürliche Veränderungen der Druckverhältnisse in den Lungen und damit im ganzen Brustraume beeinflussen. Ist der auf dem Herzen lastende Druck gering oder negativ, so geht die Ausdehnung des Herzens nach der Systole mit Leichtigkeit vor sich, die Raschheit und Stärke der Contractionen nimmt aber gleichzeitig mit der Abnahme des Druckes ab. Bei kräftiger Inspiration wird durch die gesteigerte Ausdehnung der Lungen, ihr Bestreben sich zusammenzuziehen, und damit der negative Druck auf das Herz vergrössert.

Der gewöhnliche negative Druck in der Brusthöhle kann umgekehrt künstlich in einen positiven verwandelt werden, indem durch sehr starke Exspirationen mit activer Verkleinerung des Brustraumes die Lungen zusammengepresst werden. Die Blutbewegung in den Venen erfolgt vorzugsweise durch das Ansaugen des Brustraumes; herrscht in diesem aber statt des negativen ein positiver Druck, so wird das Blut nicht mehr angesaugt und staut sich dann in den

Venen an. Wir sehen diese Störung des Blutlaufes am leichtesten bei starken Hustenanfällen. Diese sind mit krampfhaften, heftigen Exspirationen verbunden, durch welche der Hustende durch Blutstauung in den Venen blau im Gesichte wird, die Hals- und Stirnvenen anschwellen. Dieser künstliche positive Druck in der Brusthöhle kann dadurch noch sehr gesteigert werden, dass man zuerst viel Luft in die Lungen saugt und dann, während die Stimmritze verschlossen wird, sodass keine Luft aus der Lunge entweichen kann, durch starke Ausathmungsbewegungen mit den Exspirationsmuskeln den Brustraum zu verkleinern strebt. Das Herz kann dadurch so zusammengepresst werden, dass es sich nicht mehr auszudehnen vermag. Es steht endlich still, Herztöne und Puls verschwinden. Bei Nachlassen des Druckes kommen die Herzbewegungen langsam wieder zurück.

Ausser diesen mechanischen Beeinflussungen der Herzcontractionen sehen wir diese auch noch unter dem Einfluss der chemischen Zusammensetzung des Herzmuskels stehen. Eine Reihe von Einflüssen, welche letztere stört, verändert oder vernichtet die Contractionsfähigkeit des Herzens. Es verhält sich hierin das Herz ganz analog den übrigen quergestreiften Muskeln. Dieselben Stoffe, die wir dort als Ermüdungsursache kennen lernen: Milchsäure und saure Salze, wie sie sich im Safte ermüdeter Muskeln finden, bewirken auch Ermüdung des Herzmuskels. Entziehung des Sauerstoffs, Ueberladung mit Kohlensäure, Erkältung heben wie einige narkotische Gifte die Bewegung des Herzens auf. Kalisalze direct ins Blut gebracht führen durch Herzlähmung momentan den Tod herbei. Für den Arzt ist die Einwirkung der Gallensäure auf die Herzthätigkeit wichtig. Schon sehr geringe Mengen davon im Blute verlangsamen und schwächen den Herzmuskel merklich. Hieraus erklärt sich die Pulsverlangsamung, die bei frischer Gelbsucht, die in Aufnahme von Galle in das Blut besteht, beobachtet wird (Röhrig). Auch hierin verhält sich das Herz ganz wie jeder andere quergestreifte Muskel, die alle durch Gallensäuren ermüden. Sauerstoffzufuhr und Erwärmung wirken umgekehrt.

Dem Blutkreislauf entzogene ausgeschnittene Herzen pulsiren noch einige Zeit fort. Besonders lange thuen das die Herzen kaltblütiger Thiere. Endlich ermüden sie, ihre Contractionen werden langsamer, schwächer. Die Zusammenziehungen der Kammern hören zuerst, endlich auch die der Vorhöfe auf. Durch directe Reizung: Berühren, Stechen lassen sich die Contractionen anfänglich wieder hervorrufen.

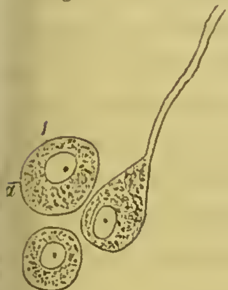
Einfluss der Herznerven.

Die Thatsache, dass das Herz, auch von dem übrigen Organismus getrennt, seine normale Thätigkeit in regelrechtem Rhythmus fortsetzt, beweist, dass das Herz in sich selbst nicht nur die nervösen Centralorgane seiner Bewegung besitzt, sondern auch solche Centren, welche die Erregung der einzelnen Nervenfasern rhythmisch reguliren.

Mit voller Sicherheit hat die anatomische Untersuchung die Existenz dieser Centralorgane nachgewiesen. In der Herzscheidewand sowie an der Grenze des Ventrikels und der Vorhöfe finden sich unter einander zusammenhängende

Ganglienzellen-Anhäufungen (Fig. 84). Sie erzeugen die nervösen Anstösse, auf deren Erregung die rhythmischen Herzcontractionen erfolgen. Es gelang wenigstens beim Frosch, diese Ganglienzellen noch näher in ihrer Wirksamkeit zu erforschen. Die rhythmischen Contractionen der Vorhöfe und Kammern werden durch die Thätigkeit der Ganglien, die an den Veneneinmündungsstellen (Venensinus beim Frosche) und in den Ventrikeln liegen, hervorgerufen. In den Vorhöfen selbst aber liegen bewegungshemmende nervöse Centralorgane, wie Stannius, v. Bezold etc. durch Schnittversuche am Froschherzen erwiesen haben. Schneidet man die Venensinus ab, so hört das Herz auf zu pulsiren, da nun die hemmenden Ganglien an Stärke der Wirkung die Ganglien der Herzkammern überwiegen; die Pulsation beginnt sogleich, wenn die ganzen Vorhöfe abgeschnitten werden, an den Herzkammern in rhythmischer Weise wieder.

Fig. 84. (K.)



Ganglienkugeln aus den Herzganglien des Frosches, 350 mal vergr., eine mit einer entspringenden Nervenröhre.

Als Bedingung der Erregbarkeit der Herzganglien hat man das sauerstoffhaltige Blut angenommen. Man kann aber das Blut beim Frosch durch eine Kochsalzlösung von 0,7 % ersetzen, ohne dass für lange Zeit die Herzbewegungen irgend beeinträchtigt würden. Die Erregbarkeitsbedingungen sind also sicher noch andere (cfr. Ermüdung der Muskeln und Nerven.).

So unabhängig das Herz vom centralen Nervensysteme functioniren kann, so abhängig zeigen sich im normalen Zustande seine Bewegungen doch von letzterem.

Die von dem cerebrospinalen Nervensysteme zum Herzen gelangenden Fasern des Vagus haben auf die Herzbewegung einen höchst merkwürdigen Einfluss. Ed. Weber hat die wichtige, unsere Anschauungen über den Nerveneinfluss auf die Organe wesentlich erweiternde Entdeckung gemacht, dass durch Reizung des Vagus am Halse durch Elektricität oder mechanischen und chemischen Reiz die Zahl der Herzschläge nicht nur sehr bedeutend herabgesetzt, sondern sogar die Herzcontractionen gänzlich unterbrochen werden können, sodass das Herz, so lange der Reiz des Vagus andauert, in Diastole still steht. Durchschneidung des Vagus hat umgekehrt eine Beschleunigung der Frequenz der Herzschläge zur Folge.

Der Vagus ist ein Hemmungsnerve.

Sein Reizzustand hat nicht wie bei den übrigen Muskelnerven eine Anregung zur Thätigkeit des von ihm innervirten Muskels zur Folge, sondern hemmt im Gegentheile seine Action.

Die Beschleunigung des Herzschlages nach der Durchschneidung des Vagus beweist, dass derselbe während des normalen Lebens beständig einen die Herzaction verlangsamenden Reiz ausübt. Wir müssen uns den Vagus also in einem fortgesetzten Reizzustande denken. Das Nähere bei den Hemmungsnerven. Der Vagus ist der erstentdeckte Hemmungsnerve.

A. v. Bezold stellte fest, dass dagegen vom Halssympathicus aus ein anregender Einfluss auf die Herzbewegung ausgeübt wird; die Reizung des Sympathicus, der seine Fasern mit denen des Vagus durch den Plexus cardiacus dem Herzen zusendet, beschleunigt umgekehrt wie die des Vagus

die Herzbewegungen. Durchschneidung des Sympathicus schwächt die Herzthätigkeit ab.

Das Herz ist empfindlich. Golz fand, dass bei dem Frosche die sensiblen Fasern im Vagus verlaufen. Bei den Säugethieren kommen noch andere sensible Fasern dazu, deren Bahnen wahrscheinlich im Splanchnicus sich finden.

Golz zeigte durch seine Klopfversuche, dass auch von gewissen Stellen der Haut aus durch Reflexerregung der Vagus so beeinflusst werden kann, dass ein Herzstillstand eintritt. Er brachte beim Frosch das Herz zum Stillstand in Diastole durch Klopfen mit einem Stäbchen auf den Bauch.

Es ist bekannt, wie stark vom Centralnervensystem ausgehende Erregungszustände z. B. Gemüthsbewegungen auf die Herzbewegungen einwirken können.

A. v. Bezold hat erwiesen, dass vom Gehirn und Rückenmarke aus dem Herzen beständig exeitirende Wirkungen, Reizzustände zugeleitet werden.

Er nimmt zur Erklärung dieser Thatsache ein im verlängerten Marke der Säugethiere liegendes »excitirendes Centralorgan« des Herzens an, dessen beständiger Einfluss auf die Herzbewegung durch besondere Nervenfasern vermittelt wird, welche zunächst vom verlängerten Mark aus im Rückenmark herabsteigen, dann sich von diesem aus zum Längsstrang des Sympathicus begeben, um endlich von da zum Herzen selbst zu gelangen.

Die excitomotorischen Nerven sind Beschleunigungsnerven des Herzschlags, ebenso wie die Herzäste des Halssympathicus.

Die normale Herzaction entspringt danach mehreren Quellen, diese sind:

1) die Thätigkeit des im Herzen gelegenen Nervensystemes,
2) das Centrum, welches auf dem Wege des Halssympathicus motorische Einwirkungen zum Herzen gelangen lässt,
3) das von Bezold neu entdeckte excitirende Centralsystem im Gehirn.

Bei Lähmung des letzteren erfolgen die Herzbewegungen zwar noch regelmässig aber nicht mehr mit der für das ungestörte Fortbestehen des Kreislaufs nöthigen Kraft*).

In neuester Zeit ist von C. Ludwig und E. Cyon ein Vaguszweig, der meist aus dem Laryngeus superior entspringt,

4) als Nervus depressor beschrieben worden. Die Reizung des centralen Endes dieses Vaguszweiges bewirkt durch Erweiterung der Gefässe (»Hemmung des Tonus der Gefässnerven«) Herabsetzung des Blutdruckes. Die Durchschneidung der beiden N. depressores sowie ihre Reizung am peripherischen Ende ist wirkungslos. Die Depressores wirken vermuthlich als Regulatoren für die Herzbewegung. Bei Ueberfüllung des Herzens können durch die Depressores die der Herzentleerung entgegenstehenden Widerstände vermindert werden.

---

*) Weiteres über Schlagfolge des Herzens, siehe bei „Puls" im folgenden Capitel.

Zwölftes Capitel.

Die Blutbewegung.

II. Die Blutgefässe.

Nerveneinflüsse auf die Weite der Blutgefässe.

Aus dem Herzen wird das Blut in dem Moment, wenn der Blutdruck in en sich zusammenziehenden Herzkammern den Druck in der Aorta übersteigt, ı die letztere eingepresst.

Arterien und Venen sind Röhren von cylindrischem Querschnitte mit mehr der weniger dicken, sehr elastischen Rändern, welche durch eingelagerte rganische Muskelfasern die Fähigkeit erhalten, sich activ, durch nervösen :influss zu contrahiren und zu erweitern. Wir haben also zwei Momente zu nterscheiden, welche auf den Durchmesser der Gefässlichtung von bestimmendem Einflusse sind.

1) Unter der passiven, auch der todten Arterie noch zukommenden Wirung der Elasticität, welche auf der Anwesenheit reichlicher elastischer Gewebselemente in der Wandung beruht, erweitert sich das Blutgefäss proporional mit dem steigenden Druck. Da aber die Elasticität verschiedener Geissabschnitte, namentlich der Arterien und Venen nicht gleich ist, so ist der :uwachs, den die Weite der Lichtung durch den gleichen Druckzuwachs erährt, in den verschiedenen Gefässen ein verschiedener.

2) Während des Lebens, wenn ungestört die chemischen Vorgänge in len Muskeln der Gefässwandung ihren Verlauf nehmen, auf denen ihre Kraftroduction beruht, wenn die Nerveneinflüsse ununterbrochen sind, kommt :u dieser Wirkung der Elasticität noch die active Zusammenziehung der Wandnusculatur hinzu, und bestimmt als zweiter, noch wichtigerer Factor die Weite der Gefässe. Im normalen Zustande befinden sich die Gefässe beständig inter einem ihre Weite regulirenden Einfluss der Gefässnerven. Diese verlaufen im Sympathicus, stehen aber mit Gehirn und Rückenmark in innigster Beziehung und können von da aus wie das Herz beeinflusst werden. Cl. Bernard machte zuerst die Beobachtung, dass nach Durchschneidung des Halsstammes des Sympathicus sich die gesammten Gefässe der betroffenen Kopfhälfte erweitern. An den Ohren besonders weisser Kaninchen, welche die Blutgefässe schön durchscheinen lassen, beobachtet man bei einseitiger

Durchschneidung die eingetretene Erweiterung der Gefässe, die Röthung, die gesteigerte Wärmeabgabe in Folge der vermehrten Blutzufuhr direct im Vergleiche mit dem normalen Ohre der anderen Kopfseite. Ebenso wirken die Sympathicus-Durchschneidungen an anderen Abschnitten des Gefässsystemes. Reizung z. B. elektrische der peripherischen Enden der durchschnittenen Gefässnerven macht die Erweiterung wieder verschwinden und bringt eine Gefässverengerung hervor.

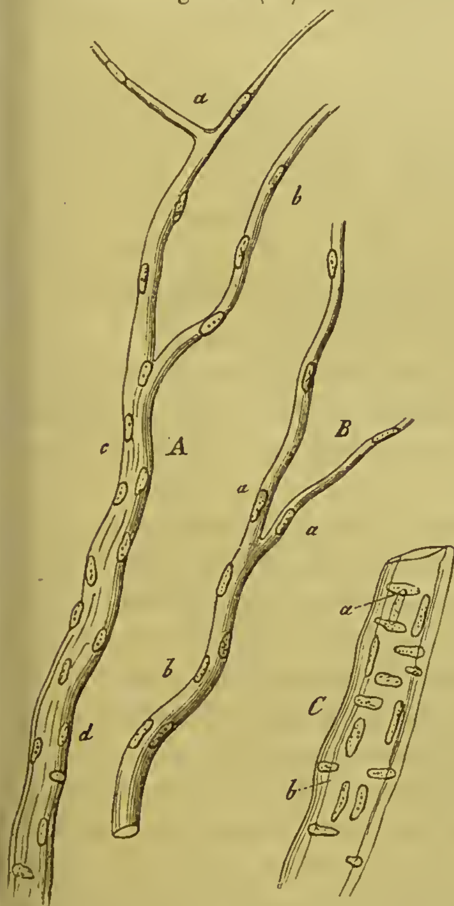
Während des Lebens sind die nervösen Beeinflussungen der Gefässe sehr wechselnd. Sie sind es vor allem, wodurch die Blutvertheilung im Körper je nach dem Bedürfniss der Organe geregelt wird. Solchen, welche eine gesteigerte Blutzufuhr bedürfen, wie den arbeitenden Muskeln, secernirenden Drüsen, dem schwangeren Uterus, dem Ovarium während der Eireife wird in gesteigerter Menge Blut zugeführt. Es wird dieses vor allem durch nervöse Erweiterung der Gefässe ermöglicht. So sehen wir z. B. einen gesteigerten Blutandrang zu den secernirenden Speicheldrüsen; während der Verdauung sehen wir die Magenschleimhaut und das Pancreas sich röthen. Noch ist es nicht gelungen, die Gründe dieser Gefässerweiterung ganz zu erkennen. — Doch weiss man, dass von sensiblen Hautnerven aus reflectorisch ein Reizzustand auf die Gefässnerven ausgeübt werden kann. So sehen wir bei Reizen, die die äussere Haut treffen z. B. durch Kälte, zuerst durch reflectorische Erregung der Gefässnerven eine tetanische Contraction und Verengerung der Hautgefässe eintreten, welche von einer secundären Erweiterung gefolgt wird in Folge der Ermüdung der Gefässmusculatur. An der Haut des Menschen lassen sich diese beiden Zustände durch die eintretende Blässe oder Röthung, welch letztere mit gesteigerter Wärmeabgabe verbunden ist, direct beobachten. Aehnliche reflectorische Einwirkungen auf die Gefässnerven müssen wir auch bei den arbeitenden Drüsen annehmen; so erfolgt ein Reflex von den sensiblen Nerven der Magenschleimhaut, welche durch die aufgenommenen Nahrungsstoffe mechanisch oder chemisch erregt werden, auf die motorischen Nerven der Gefässe ihrer Drüsen, wodurch letztere erweitert werden. Andererseits häufen sich in Folge der Arbeitsleistung der Organe, Zersetzungsproducte in diesen an, welche durch ihre chemische Wirkung als Säuren oder Alkalien, direct die in den Organen verlaufenden Nerven in ihren Lebenseigenschaften beeinflussen. Die ohne äussere erkennbare Gründe periodisch auftretende Gefässerweiterung gewisser Organe besonders der weiblichen Geschlechtseinrichtung zeigt, dass uns noch eine Reihe innerer regulirender Einflüsse auf die Gefässnerven unbekannt sein müsse. Ein derartiges Beispiel bietet die fast rhythmische Erweiterung und Verengerung der Gefässe in den Ohren der Kaninchen, ohne dass von aussen eine Einwirkung ersichtlich wäre. Es ist nicht unwahrscheinlich, dass alle Gefässe ein ähnliches rhythmisches An- und Abschwellen erfahren. Als Gefäss erweiterndes Moment ist vor allem noch die gesteigerte Temperatur bekannt. Dass auch psychische Alterationen vom Gehirne aus auf die Gefässnerven wirken können beweist die Blässe des Schreckens und umgekehrt die Schamröthe.

Der anatomisch-physiologische Bau der Blutgefässe.

Der Bau der Gefässe hat zweien sich widersprechenden Zwecken zu dienen. Es muss das Blut zuerst vom Herzen aus in geschlossenen Röhren den Organen zugeleitet werden. Bis dorthin, wo es seine Functionen zu erfüllen hat, darf es mit den Geweben in keinen Diffusionsverkehr kommen, da es sonst durch Abgabe und Aufnahme von Stoffen für den Ernährungszweck untauglich geworden wäre, schon ehe es den Ort seiner eigentlichen Bestimmung erreicht hätte. Die lebende Wand der grösseren und grössten Gefässe muss daher für Flüssigkeiten ganz undurchgängig sein, wenn es diesem Leitungszweck genügen soll. Diess ist vollkommen der Fall. Die Wände der grösseren Gefässe sind so vollkommen undurchlassend für Blutbestandtheile, dass sie, die beständig von Blut durchströmt werden noch besondere Einrichtungen für ihre eigene Versorgung mit Blut bedürfen, es sind dieses die Vasa vasorum, die Blutgefässe für die Blutgefässwände, die wir bis herab zu sehr kleinen Gefässen noch nachweisen können. Ebenso ist es bei dem Herzen, das während es fort und fort von der gesammten Blutmenge durchsetzt wird, noch seine eigenen Gefässe bedarf, die seine Musculatur mit dem für ihre Action nothwendigen Blute versorgen. Erst, wenn die Gefässe den Ort ihrer directen Bestimmung erreicht haben, bekommen ihre Wände die ihnen jetzt für Erfüllung ihres Ernährungszweckes unerlässliche Eigenschaft, den Wechselverkehr der Blutflüssigkeit mit den Flüssigkeiten der Gewebe zu gestatten.

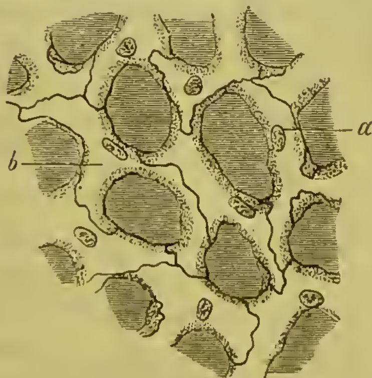
Diese Eigenschaft kommt nur den **Capillargefässen** zu, deren Wände, selbst aus Zellen entstanden, sich noch voll-

Fig. 85. (*F.*)



Feine Blutgefässe aus der Pia mater des menschlichen Gehirns. *A* Ein Stämmchen *c*, welches nach oben in zwei zarte Capillaren *a*. *b* übergeht und abwärts bei *d* aus einer doppelten Haut besteht. *B* Ein ähnliches Röhrchen *b* mit der Verästelung *a*. *C* Ein weiteres Gefäss mit doppelter Membran, der inneren *a* mit längslaufenden und der äusseren *b*, sowie dazwischen befindlichen querstehenden Kernen.

Fig. 86. (*F.*)



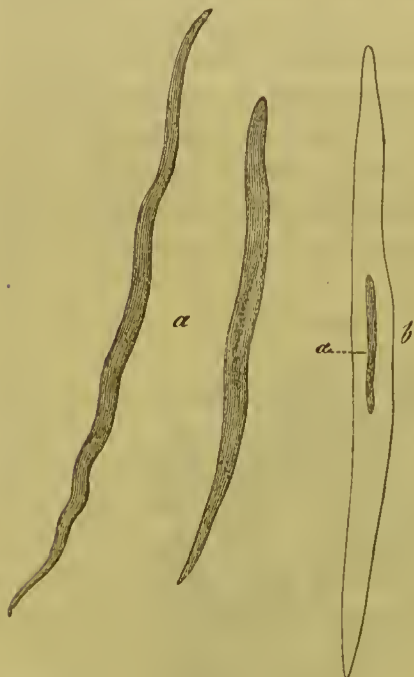
Capillarnetz aus der Lunge des Frosches mit Höllensteinlösung behandelt. *b* Gefässzellen; *a* deren Kerne.

kommen wie Zellmembranen verhalten. Sie bestehen aus einer homogenen Membran, in welcher in regelmässigem Abstand Kerne eingelagert sind, (Fig. 85. 86.) um an den Ursprung der Capillaren aus der Verschmelzung von Zellen zu erinnern. In der letzten Zeit ist es gelungen die Grenzen der die Capillarwandung zusammensetzenden Zellen sichtbar darzustellen. Es sind platte, zackig gerandete, kernhaltige Zellen, welche die Wandung zusammensetzen. Sie sind bald mehr spindelförmig bald mehr polygonal. Bei den feinsten Capillaren bildet nur eine einzige mit ihren eigenen Rändern sich ringförmig berührende Zelle je eine Strecke der Wand. An weiteren Gefässchen sieht man 2—4 Zellen sich zu Wandbildungen vereinigen. Diese Zellen entsprechen dem Epithel der grösseren Gefässe. Man könnte also sagen, dass die Capillaren nur aus Zellen, die dem Epithel ähnlich sind, bestehen.

An den **grösseren Gefässen** unterscheidet man drei Hauptschichten: eine innere, mittlere und äussere Haut. Die Tunica intima, die innerste Schichte besitzt ein Epithel von flachen verschieden gestalteten Zellen, welche im Gegensatze zu den Zellen, welche die Capillarwand bilden, der Gefässwand jene Eigenschaft ertheilen, undurchlassend für Flüssigkeiten zu sein. Unter dem Epithel findet sich noch zur Intima gehörend meist eine elastische Haut, deren Elemente in der Längsrichtung verlaufen.

Die mittlere Schichte der Gefässwand, Tunica media, wird auch als Ringfaserschichte bezeichnet, da ihre Elemente vorwiegend eine quere Lage haben, die Peripherie des Gefässes umkreisend. Hier finden sich vor allem die organischen Muskelfasern (Fig. 87.). Die Venen unterscheiden sich dadurch von den Arterien, dass in ihrer Media auch viele längsgerichtete Fasern sich finden.

Fig. 87. (K.)



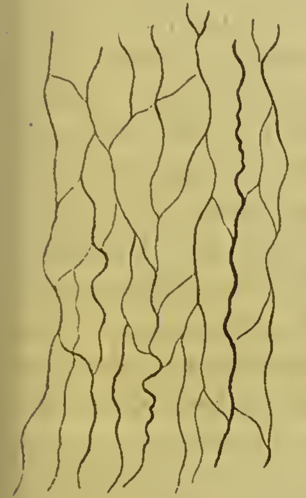
Musculöse Faserzellen aus der Vena renalis des Menschen. *a.* Ohne, *b.* mit Essigsäure, *a.* Kern der letztern, 350 mal vergr.

Die Tunica adventitia, die äussere Gefässhaut hat wieder vorwiegend Längsfasern, und besteht meist nur aus lockigen Bindegewebe und elastischen Faserzügen und Netzen.

Die elastischen Elemente der Gefässe zeigen sehr viel Mannigfaltigkeit. Es kommen in ihnen auch die vielbekannten feinen elastischen Fasern vor, wie sie sich sonst in dem gewöhnlichen lockigen Bindegewebe durch ihre scharfen Umrisse und starkes Lichtbrechungsvermögen kennzeichnen. Oft sehen wir aber diese Fasern zierliche Netze bilden. In vielen Fällen sind die Fasern sehr breit geworden, die Maschenräume der Netze dagegen eng. Nimmt die Breite der Fasern im Verhältniss zu den Maschen noch weiter zu, so bekommt das Geflecht das Ansehen einer durchbrochenen Haut — gefensterten, elastischen Membran — an. An einzelnen Stellen verschmelzen die Fasern zu wahren, homogenen elastischen Membranen (Fig. 88. 89).

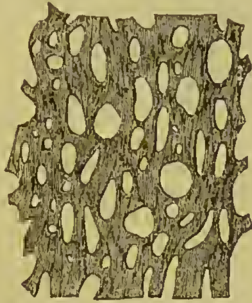
Die **Arterien** haben als allgemeine Eigenschaft eine sehr bedeutende Dicke der Media, die in viele regelmässige Schichten zerfällt, welche alle quergelagert

Fig. 88. (*K.*)



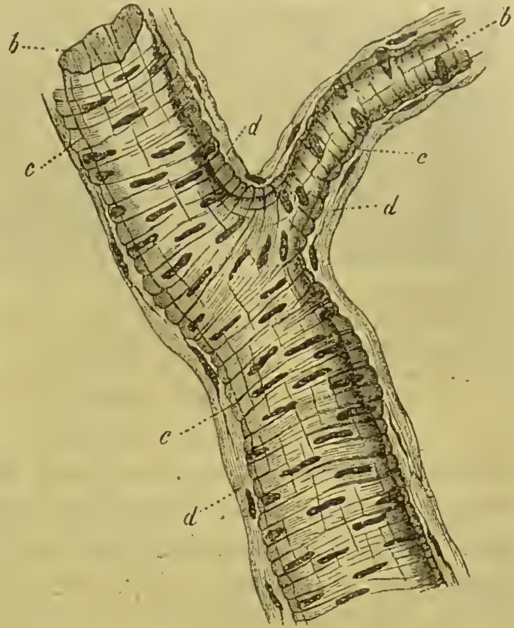
Netz feiner elastischer Fasern aus dem Peritonaeum eines Kindes, 350 mal vergr.

Fig. 89. (*K.*)



Elastische Membran aus der Tunica media der Carotis des Pferdes, 350 mal vergr.

Fig. 90. (*F.*)



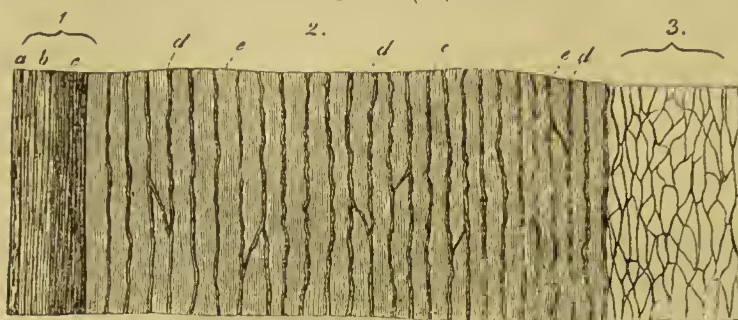
Ein arterielles Stämmchen. Bei *b* die homogene, kernlose Innenschicht; *c* die aus contractilen Faserzellen gebildete mittlere; *d* die bindegewebige äussere.

sind. Bei den kleinsten Arterien unter $^1/_5$ oder 1‴ besteht die Media allein aus querlaufenden Muskelfasern. Sie lässt eine deutlich röthliche Färbung erkennen; Bindegewebe und elastische Fasern fehlen in ihr. Unter dem Epithel der Intima folgt eine gefensterte elastische Membran (Fig. 90.). Je feiner die Arterien werden, desto zarter wird die Schichtung. Noch in Gefässen von 0,07—0,01‴ Durchmesser findet sich ausser dem Epithel wenigstens eine Lage contractiler Elemente. In den mittelstarken Gefässen mischen sich mit den immer mächtiger werdenden Muskellagen mehr und mehr elastische Netze und Bindegewebszüge, wodurch eine Neigung zur Schichtbildung in der Media entsteht. Die Adventitia ist meist mächtiger als die Media entwickelt, an der Grenze zwischen beiden findet sich eine gefensterte, elastische Membran. Je grösser die Gefässe werden, desto dicker werden die Schichten der Intima, die in den grössten Arterien einen Bau aus Lagen einer streifigen, bindegewebig aussehenden Substanz zeigt von verschieden starken elastischen Netzen durchzogen. Bei den stärksten Arterien erscheinen in der Ringfaserhaut elastische Häute, Platten und Netze, welche in vielen, bis 50 Schichten mit den Muskelfasern abwechseln (Fig. 91). Die musculösen Elemente sind dabei relativ weit weniger mächtig als in den mittleren und kleinsten Arterien, ihre Elemente sind klein und unentwickelt, sodass sie keine bedeutende Verkürzungen erleiden können. Die Adventitia der grössten Arterien ist wieder weniger entwickelt als die der mittelstarken, auch weniger scharf durch elastische Einlagerungen abgegrenzt.

Die **Venen** sind im Allgemeinen dünnwandiger als die Arterien und weniger

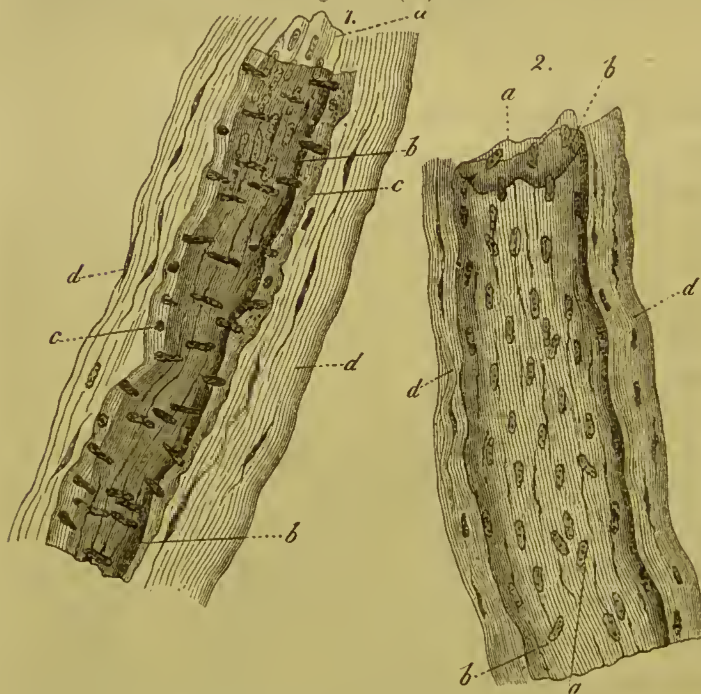
reich an musculösen und elastischen Elementen, daher schlaffer und weniger contractil. Am wenigsten verschieden ist der Bau der Intima; sie zeigt wie dort ein Epithel, unter diesem bei stärkeren Venen auch längsstreifige Fasern und starke elastische Netze, die aber kein so deutlich hautartiges Ansehen bekommen. Die Venenklappen sind Fortsetzungen, Ausbuchtungen, der Intima; zwischen ihre beiden Lamellen tritt aber auch Bindegewebe ein mit elastischen Elementen. Die Media der Venen hat verhältnissmässig weniger elastische Fasern und Muskeln. Es finden sich in ihr neben den querlaufenden auch längsgerichtete Muskelzüge (Fig. 92.). Sie ist bei mittelstarken Venen ebenso relativ am mächtigsten, wie dieses auch bei den mittelstarken Arterien der Fall ist. Viel Bindegewebe mischt sich stets mit den Muskelzellen. Die Adventitia ist gewöhnlich die stärkste Lage und steigt in ihrer Mächtigkeit mit der Weite der Gefässe. Bei vielen Venen, besonders solchen der Unterleibshöhle finden sich auch in ihr längslaufende Muskelfaserzüge eingelagert. Die feinten Venen zeigen keine Muskellage bis zu einem Durchmesser von 0,02''', wo erst quergerichtete Zellen, die den Charakter der Muskelzellen annehmen, auftreten.

Fig. 91. (*K.*)



Querschnitt der Aorta unterhalb der Mesent. superior. 1. Intima, 2. Media. 3. Adventitia. *a.* Epithel, *b.* gestreifte Lagen, *c.* elastische Häute der Intima, *d.* elastische Häute der Media, *e.* Muskeln und Bindegewebe derselben, *f.* elastische Netze der Adventitia. Vom Menschen, 30mal vergr., mit Essigsäure.

Fig. 92. (*F.*)



Zwei stärkere Gefässe aus der Pia mater des menschlichen Gehirns. 1 Ein kleiner arterieller Stamm, 2 ein venöser; *a. b* Innenschicht, *c* die mittlere, *d* die äussere Gefässhaut.

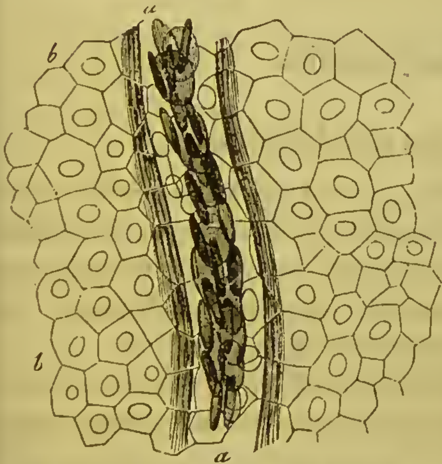
Auf die Verschiedenheiten in der **Capillaranordnung** kommen und kamen wir bei den speciellen Beschreibungen der Gewebe zu sprechen. Im Allgemeinen gilt das Gesetz, dass sich das Capillarnetz den Gewebselementen anpasst. In die mikroskopischen Muskel- und Nervenfasern, in die Zellen und Zellenabkömmlinge,

in Bindegewebszüge treten keine Capillaren ein. So kommt es, dass ihre Netze je nach der Gestalt dieser Gewebseinheiten bald lang gestreckte, geradlinig verbundene Maschen in den Muskeln, Nerven etc., bald rundliche, engere oder weitere Netze etc. darstellt. Das Netz und damit die Blutzufuhr ist im Allgemeinen um so reicher, je lebhaftere Functionen der Organismus von einem Organe fordert: je lebhafter die Bewegung, Empfindung, Aufsaugung, Ausscheidung desselben ist. Sehr wichtig ist die Bemerkung E. H. Weber's, dass im Durchschnitt die Länge der Capillarstrecke zwischen Arterienende und Venenanfang nicht mehr beträgt als etwa 0,2''', mag nun das Capillarnetz eine Gestalt haben, welche es will. Es ist also die Strecke, auf welcher das Blut mit den Organen verkehrt, stets nur eine sehr kurze. Die Thätigkeit der Blutkörperchen und der Blutflüssigkeit ist auf einen sehr geringen Raum und auf eine sehr kurze Zeit beschränkt.

Der Blutkreislauf unter dem Mikroskope.

Wie wir die Bewegungen des Herzens am lebenden Organe selbst beobachten konnten, so bringt uns das Mikroskop auch das Wunder des Kreislaufes und der Blutbewegung direct zur Anschauung. Die Beobachtung desselben an den durchsichtigen Schwänzen von Froschlarven, an den Schwimmhäuten der Frösche oder an dem Mesenterium kleiner durch Aether betäubter Säugethiere gehört zu den schönsten Schauspielen, die uns die mikroskopische Beobachtung vorführen kann (Fig. 93.). Ueber manche Einzelheiten des Kreislaufes erhalten wir damit sogleich eine deutliche Anschauung. Wenn wir einen grösseren Gefässbezirk mit einem Male überblicken, so zeigen sich zuerst sehr bedeutende Unterschiede in der Geschwindigkeit der Blutbewegung, in den verschiedenen Gefässchen. In einigen sehen wir die Blutkörperchen, deren Fortrollen uns den Strömungsvorgang anschaulich macht, wie wir die Strömung eines Flusses auch nach in ihm schwimmenden Gegenständen bemessen, mit grosser Raschheit durchgerissen. Diese Gefässe sehen wir sich spalten, in feinere Zweige sich auflösen, die sich endlich als wahre Capillaren erweisen. Ihre Weite bietet nur noch für ein einziges Blutkörperchen Platz, sodass eines hinter dem anderen hindurch fliessen muss. Diese Gefässe mit rascher Strömung sind also Arterien, die vom Herzen her das Blut zu den Capillaren führen. Die Venen lassen sich ebenso an der Richtung der Strömung erkennen, welche von den Capillaren nach den Zweigen und Stämmchen führt. Dabei ist in ihnen die Blutgeschwindigkeit auffallend viel geringer und die Farbe des Blutes gesättigter, dunkler. Auch in den verschiedenen Capillaren ist die Geschwindigkeit nicht

Fig. 93. (F.)



Der Blutstrom in der Schwimmhaut des Frosches nach Wagner. a Das Gefäss; b die Epithelialzellen des Gewebes.

ganz gleich. Man kann auf eine einfache Weise die Geschwindigkeit messen, wenn man unter dem Mikroskope mit einer Oculartheilung den Weg bestimmt, den ein Blutkörperchen während der Zeiteinheit einer Secunde zurücklegt. Durch die mikroskopische Vergrösserung erscheint der Raum, der durchlaufen wird, natürlich auch mit vergrössert, und ebenso die Geschwindigkeit. E. H. Weber bestimmte ihn im Durchschnitt etwa zu 0,2‴ oder etwas mehr in den Capillaren von Froschlarvenschwänzen. So dass also jedes Blutkörperchen etwa in der Zeit einer Secunde seinen Capillarraum durchlaufen hat.

Noch andere Bewegungserscheinungen lassen sich wahrnehmen. In den kleinsten Arterien und Venen so wie in den Capillaren zeigt sich die Strömung des Blutes ganz ununterbrochen gleichmässig. Nur in etwas stärkeren Arterienzweigen lässt sich eine Spur des Pulses nachweisen. Seine Kraft ist also in den feinsten Arterien durch die Widerstände schon verzehrt. Von dem Durchzwängen der Blutkörperchen durch Capillaren, welche enger sind als der Durchmesser der Körperchen, von ihren Umbiegungen an scharfen Theilungswinkeln der Gefässe, von ihren passiven Gestaltsveränderungen etc., war schon die Rede. In grösseren Gefässen schwimmen die rothen Blutkörperchen nicht in regelmässigen Abständen etwa reihenweise hinter und neben einander; man sieht sie vielmehr im bunten Tanz geschäftig durch einander rollen. In etwas grösseren Gefässen sieht man mit voller Deutlichkeit, dass die rothen Blutkörperchen immer rasch in der Mitte des Gefässes strömen, ohne dass eines die Wand berührte; an jener schleichen langsam rollend die weissen Blutkörperchen in einer farblosen Plasmaschichte hin. Offenbar ist die Strömung in der Axe des Gefässes lebhafter als an den Wandungen; man unterscheidet danach gewöhnlich einen Axenstrom und einen Wandstrom.

Grundsätze der Hydrodynamik.

Flüssigkeitsbewegung in starren Röhren.

Um die Blutbewegung in den grossen Gefässen und die Beobachtungen zu verstehen, die uns das Mikroskop über den Vorgang der Strömung des Blutes in den Haargefässen machen lässt, müssen wir uns an einige Gesetze der Flüssigkeitsbewegung in Röhren erinnern, wie sie die Untersuchungen von Volkmann, E. H. Weber und Jacobson u. A. ergeben haben.

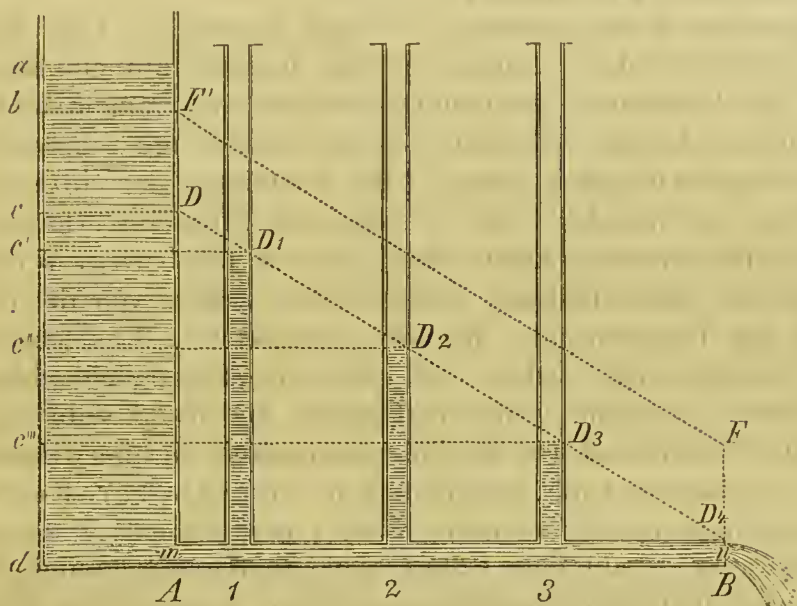
Eine Reihe von Erscheinungen treten bei continuirlichem Strome, wie es sich in den Gefässen findet, im elastischen Rohre ebenso wie in einem starrwandigen hervor.

Unter einem fast vollkommen gleichbleibenden Druck, wie er in den kleinen Arterien, Capillaren und Venen herrscht, ist die Wandausdehnung eine constante. Man könnte, wenn man denselben Druck wie dort herstellen würde, ohne eine wesentliche Veränderung der hydraulischen Verhältnisse, starrwandige Röhren von der mittlern Weite an Stelle der elastischen eingesetzt denken.

Auch in den Arterien können wir unter Umständen und für eine bedeutende Anzahl von Fragen von den periodischen Druckschwankungen absehen.

Halten wir uns an den mittleren Druck, so gilt auch für sie das eben von den anderen Gefässen Gesagte.

Fig. 94.



Der einfachste Fall eines constanten Stromes in einer Röhre ist der, wenn wir uns eine solche (*A B*) von cylindrischem Querschnitt an dem einen (linken) Ende mit einem grossen Wasserbehälter verbunden denken, in welchem durch Nachfüllen fortwährend das Niveau gleich erhalten wird; das andere Ende der Röhre mündet frei in der Luft (bei *B*) unter dem einfachen Atmosphärendruck. Damit die Schwere sich nicht geltend macht, muss das Ausflussrohr (*A B*) horizontal gelegt werden.

Um einen constanten Strom durch dieses Rohr fliessen zu lassen, sodass in jeder Zeiteinheit jeden Querschnitt des Rohrs eine gleiche Flüssigkeitsmenge durchströmt, brauchen wir nur die Kraft, welche die Flüssigkeit in die Röhre treibt — den Wasserstand des Behälters *a d* — und die Ausflussbedingungen — Weite der Ausflussöffnung und atmosphärischen Druck an derselben — gleich zu erhalten. Es stellt sich dann fast augenblicklich die stationäre Strömung her.

Bei Röhren von nur einigen Millimetern Dicke, deren Wände von der Flüssigkeit benetzt werden, und bei nicht all zu grosser Stromgeschwindigkeit zeigen nun die einzelnen Flüssigkeitstheilchen in der Röhre eine sehr verschiedene Bewegungsgeschwindigkeit. Die Theilchen in der Axe des Stromes bewegen sich am geschwindesten; gegen die Wandung der Röhre zu wird die Geschwindigkeit successive immer geringer bis sie in der die Wand selbst berührenden Flüssigkeitsschichte = 0 ist. Zwischen Axen- und Wandstrom kommen alle Zwischenstufen der Geschwindigkeit vor.

Wir können uns den Strömungsvorgang so schematisiren, dass wir in der Mitte des Stromes einen soliden Axenfaden uns fliessen denken. Seine Bewegung erfolgt mit der relativ grössten Geschwindigkeit. Er ist rings umgeben von einer Flüssigkeitsschichte, die sich etwas langsamer als er bewegt. Wir

müssen uns die Gestalt dieser zweiten Schichte als eine flüssige Cylinderschale denken, in welcher der solide Axenfaden steckt. Beide genannten Schichten stecken in einer ähnlichen dritten von derselben Gestalt wie die zweite, nur von etwas grösserem Durchmesser.

Auf dieselbe Weise müssen wir uns (unendlich) viele Schichten in einander gesteckt denken, sodass auf dem Durchschnitt ein Bild entstehen würde wie die Jahresringe auf dem Querschnitt eines Nadelbaumstammes.

Alle diese Schichten schieben sich an einander mit von der Axe an abnehmender Geschwindigkeit vorbei. Das Losreissen der einzelnen Flüssigkeitstheilchen von einander, wie es sonach die Strömung erfordert, bedingt einen nicht unbedeutenden Kraftverlust, innere Reibung, Widerstand.

Man hat die innere Reibung unterscheiden wollen von der Flüssigkeitsreibung an der Röhrenwand. Da wir voraussetzen, dass letztere von der Flüssigkeit benetzt wird, sodass eine ruhende Flüssigkeitsschichte an der Wand entsteht, so kommt selbstverständlich die Wand selbst gar nicht in Betracht. Der Widerstand den der Flüssigkeitsstrom zu überwinden hat, besteht also in unserem Falle ausschliesslich aus innerer Reibung. Die Grösse dieses Reibungswiderstandes wächst porportional — den einfachsten Fall vorausgesetzt — mit dem Unterschiede in der Geschwindigkeit der an einander vorbei gleitenden Flüssigkeitsschichten. Je ungleicher die Geschwindigkeiten sind, desto öfter müssen sich in der gleichen Zeit die neben einander hingleitenden Flüssigkeitstheilchen von einander losreissen, um so mehr Kraft wird dafür verbraucht werden. Weiter ergiebt sich:

1) Der Druck in allen Puncten eines Röhrenquerschnitts ist derselbe, mögen wir ihn an der Wand oder in der Axe messen.

2) Der Druck nimmt in der Stromrichtung ganz gleichmässig bis zur Ausmündungsstelle ab, wo er = 0 wird.

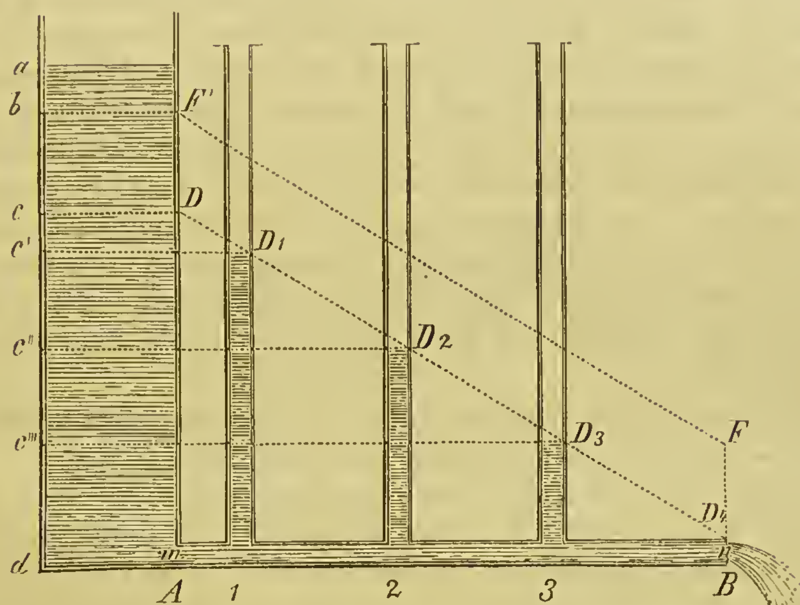
Setzen wir in das oben beschriebene cylindrische Rohr an verschiedenen Stellen — 1, 2, 3 — senkrechte, oben offene Röhren (Manometer) ein, so steigt bei continuirlichem Strom in dem Rohre (A B) die Flüssigkeit in den eingesetzten Röhren bis zu verschiedener Höhe an. Am höchsten steigt sie in der dem Wassergefäss am nächsten stehenden Röhre, am niedrigsten zunächst der Ausflussöffnung. Verbinden wir die Endpuncte dieser Wassersäulen (D_1 D_2 D_3 D_4) durch eine Linie (D D_4) mit einander, so zeigt sich diese als eine vollkommene Gerade; sie senkt sich in der Richtung des Stromes schräg herab und trifft an der Ausflussmündung mit der Röhrenaxe (m n) zusammen.

Die Neigung dieser Geraden (D D_4) wird als Gefälle bezeichnet; es bildet dieses nach dem Gesagten bei einem beharrlichen Strom und cylindrischem Rohr an allen Stellen mit der Axe den gleichen Winkel (cf. die Figur), ist also überall eine constante Grösse.

Die Höhen, bis zu welchen die Wassersäulen aufsteigen, werden als Druckhöhen bezeichnet. Sie sind die Kraft mit der der Strom fliesst und sonach auch dem noch zu überwindenden Widerstand porportional. Am Ende der Bahn, an der Ausflussmündung also = 0, am Anfang am bedeutendsten. Um den Strom die ganze Länge der Röhre (m n) hindurchzupressen, bedarf es einer grösseren Kraftdruckhöhe, als man aufwenden müsste, um nur

noch die Widerstände in einem Stücke derselben z. B. 3 *B* zu überwinden.

Fig. 95.



Bei kürzeren Ausflussröhren bedürfte es also auch, um den gleichen constanten Strom hervorzubringen, einer geringeren Füllung des Druckgefässes.

Da das Gefälle eine constante Neigung zur Ausflussröhre und ihrer Axe besitzt, so kann man leicht für die Wand des Druckgefässes die Druckhöhe eines Manometers, das man sich dort eingesetzt denkt construiren und rechnen.

In der beistehenden Figur würde die Wassersäule in einer in der Wand selbst eingesetzten Röhre bis zu *D* steigen.

Man sollte glauben, dass die Wassersäule *D c d A* genügen müsste, um mit der gleichen Geschwindigkeit, wie sie in dem schematischen Versuch stattfindet, das Wasser durch die Röhre hindurch fliessen zu lassen. Man beobachtet aber, dass, um dieses zu erreichen, im Behälter der Wasserstand = der Druckhöhe um ein Beträchtliches grösser sein muss — um die Wassersäule *F' b c D* — als die aus dem Gefäll berechnete Druckhöhe (*D*) in einem direct auf den Röhrenanfang eingesetzt gedachten Manometer. Man nimmt an, dass dieser Uebersehuss an Bewegungskraft, den wir während des Eintritts der Flüssigkeit aus dem Behälter, in welchem sie in Ruhe war, in die Ausflussröhre, in welcher sie sich mit einer bestimmten Geschwindigkeit bewegt, verschwinden sehen, zur Hervorrufung eben dieser Bewegung verwendet werde. Daher rührt für diese grössere Höhe des Wasserstandes (*F' b c D*) der vielfältig gebrauchte Ausdruck: G e s c h w i n d i g k e i t s h ö h e.

Diese Geschwindigkeitshöhe im Druckgefässe scheint ihre Grösse bei Verschiedenheiten in den Widerständen in der Ausflussröhre nicht zu ändern. Wäre die Röhre um das Stück *A 1* verkürzt bei gleicher Stromgeschwindigkeit, so würde die Druckhöhe im Anfang derselben nur *c'* betragen. Es würde aber der Drucküberschuss im Behälter ebenso gross sein müssen, als er bei der ganzen Röhrenlänge war. Ebenso ist es bei allen erdenklichen Röhren-

längen, wie die Linie $F'F$ veranschaulicht. Es scheint sich daraus zu ergeben, dass der Kraftverlust, um den es sich hier handelt, an der Eintrittsstelle des Wassers aus dem Druckgefäss in die Ausflussröhre stattfindet.

Denken wir uns den Querschnitt der Röhre nicht überall gleich gross, sondern mit der engeren Röhre ein weiteres Gefäss verbunden, den Strom aber constant, so muss also in der gleichen Zeit auch durch jeden Querschnitt des weiteren Rohrabschnittes, ganz die gleiche Flüssigkeitsmenge strömen, wie durch jeden des engeren. Selbstverständlich ergiebt sich daraus, dass in dem weiteren Theile des Rohres die Strömung eine langsamere sein muss als in dem engeren. Ein derartiger Fall tritt in der Blutbahn regelmässig ein, da sie sich durch die Verzweigungen der Arterien immer mehr und mehr erweitert, nach dem Verzweigungsgesetze, dass die Summe der Querschnitte der Zweige den Querschnitt des unverzweigten Gefässes immer um ein Bestimmtes übertrifft.

Bei dem Uebergang des Stromes aus weiteren in engere Röhren werden die Widerstände für den letzteren nicht unbeträchtlich gesteigert.

Wir wissen, dass der Widerstand der Flüssigkeitsbewegung wächst mit dem zunehmenden Unterschied in der Bewegungsgeschwindigkeit der einzelnen an einander hingleitenden Stromschichten. Es ist klar, dass bei einer weiteren Röhre ein viel langsamerer Uebergang von der Axengeschwindigkeit bis zu der Geschwindigkeit = 0 an der Wand stattfindet, als in einem engeren Gefässe. Schon der Augenschein ergiebt, dass in dem engeren Rohre eine viel geringere Anzahl von Schichten Platz habe. Es befindet sich also die Schichte mit der Geschwindigkeit = 0 in diesem Falle ganz nahe der Axe mit der grossen Geschwindigkeit; es ist also das Abfallen der Geschwindigkeit von der Axe gegen die Wand zu ein bedeutend rascheres.

Man hat den Einfluss untersucht, den das Eröffnen eines Zweigrohres an dem primären Ausflussrohr ausübt, ein Fall der sich im Blutgefässsystem so oft findet. Es ergiebt sich, dass wenn der Strom unter der Einwirkung eines gleichbleibenden Druckes in der unverzweigten Röhre eine gleichmässige Geschwindigkeit angenommen hatte, diese Geschwindigkeit etwas vergrössert wurde, wenn man einen Seitenzweig zu dem primären Ausflussrohr eröffnete. Die vermehrte Geschwindigkeit giebt sich dadurch zu erkennen, dass aus den beiden Oeffnungen in der gleichen Zeit mehr Wasser ausfliesst als aus der zuerst allein offenen einzigen. Auffallend ist das Resultat, dass der Winkel, unter welchem der Strom abgezweigt wird, keinen Einfluss auf diese Strombeschleunigung ausübt.

Winkelbeugungen der Ausflussröhre zeigen überhaupt auf die Strombewegung wenig Einwirkung. Krümmt man die zuerst geradgestreckte Ausflussröhre knieförmig, so tritt nur ein geringer Verlust an Kraft und dadurch Verlangsamung des Stromes ein.

Flüssigkeitsbewegung in elastischen Röhren.

Fliesst in einer elastischen Röhre ein Flüssigkeitsstrom unter constantem Drucke, so hat sich die Wandelasticität mit dem Druck des Inhaltes bald in's

Gleichgewicht gesetzt; die Ausdehnung der Wandung, der Querschnitt der Röhrenlichtung bleibt von da an constant; die Bedingungen der Flüssigkeitsbewegung sind absolut die gleichen wie in starrwandigen Röhren.

Ganz anders verhält es sich, wenn der Druck in dem elastischen Rohre von Zeit zu Zeit dadurch unregelmässig gemacht wird, dass Flüssigkeit in die schon gefüllte Röhre mit einer bestimmten Kraft und Geschwindigkeit eingepresst wird. Es ist dieses der Fall, welcher sich bei den elastischen, blutgefüllten Arterienröhren findet.

Es entsteht durch das Einpressen eine durch das elastische Rohr hinschreitende Welle.

Diese Welle — Pulswelle — zeigt einige Verschiedenheiten von den Wellenbewegungen des Aethers, der Luft und eines ruhigen, grossen Wasserspiegels, der durch einen hereinfallenden Stein in Wellenkreisen bewegt wird. In den letztgenannten Fällen besteht die Welle nur in der Fortpflanzung eines Bewegungsvorganges, ohne dass die bewegten materiellen Theilchen am Ende ihrer Bewegung ihren Ort irgend wie verlassen hätten. Die Welle erzeugt dort nur in sich geschlossene Kreisbewegungen der Flüssigkeitstheilchen.

Die Wellenbewegung in unserem elastischen Rohre ist dagegen mit einer geringen Ortsverrückung der bewegten Flüssigkeitstheilchen im Sinne der Wellenbewegung verbunden, er ist nach der Bezeichnung E. H. Weber's eine Bergwelle.

Doch ist die Vorwärtsbewegung, welche die Theilchen durch die Wellenbewegung erleiden, nur eine geringe und die Fortpflanzung der Bewegung von einem Theilchen auf das nächstliegende Nachbartheilchen geschieht ebenso wie bei den erstgenannten Wellen. Es verläuft also die Welle durch die Flüssigkeit hin und dehnt die elastische Wandung in eigenthümlicher, fortschreitender Weise aus, ohne dass wir uns vorstellen dürften, es entspräche diesem Fortschreiten der Welle ein ebenso grosses Fortschreiten der Flüssigkeitstheilchen. Letztere kehren, nachdem sie durch die Wellenbewegung aus ihrer Ruhelage gestossen wurden, zwar nicht vollkommen aber nahezu wieder in diese zurück.

Bei dem rhythmischen Einpressen in die schon gefüllte elastische Röhre wird die Welle dadurch fortgepflanzt, dass die Flüssigkeit die Röhrenwand in einer gewissen Strecke ausdehnt und spannt. Der gespannte Theil der Wand bewegt nun die Flüssigkeit vorwärts, indem er auf sie drückt und dadurch wieder eine Ausdehnung und Anspannung der nächsten Abtheilung der Röhre hervorbringt. Die elastische Wand presst auf ihren unzusammendrückbaren flüssigen Inhalt so, dass der Druck in der Richtung des Stromes vorschreitet. Sie zwingt dadurch die Flüssigkeit etwas nach vorwärts auszuweichen und das nächstfolgende Röhrenstück auszudehnen. So läuft die Ausdehnung über die ganze elastische Röhre hin, wobei sich die hinter dem eben ausgedehnten liegenden Röhrenabschnitte langsam wieder verengern.

Es ist daraus klar, dass die Ausdehnung welche die Röhre durch das rhythmische Einpressen von Flüssigkeit erleidet, keine überall gleichzeitige sein kann. Die Welle bedarf einer messbaren Zeit um sich über eine Röhre zu verbreiten. An einem sehr elastischen Rohre mass E. H. Weber die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Welle zu 11472 Mm. in der Secunde.

Weber's Kreislaufsschema.

Eigenthümlich werden die Bewegungsverhältnisse der Flüssigkeiten in einem geschlossenen elastischen Röhrencirkel, in welchem wie bei dem wirklichen Kreislaufe an einer Stelle ein grosser Widerstand gegen die Bewegung, an einer anderen ein Pumpwerk angebracht ist, welches aus dem einen Röhrenabschnitt rhythmisch Flüssigkeit herausschöpft, um sie in den anderen Abschnitt des Röhrencirkels einzupressen.

E. H. Weber hat diese Versuchsbedingungen in seinem berühmten Kreislaufsschema verwirklicht. Das Pumpwerk ist eine elastische Röhre, an deren beiden Enden Darmstücke in der Weise der Herzklappen mit Fäden befestigt sind, sodass sie die Flüssigkeitsbewegung, die durch Compression der elastischen Röhre hervorgebracht wird, nur in einer Richtung gestatten. Mit diesem sinnreichen künstlichen Herzen steht der elastische Röhrencirkel in Verbindung, in dessen Mitte, dem Herzen entgegengesetzt, ein Schwamm eingeschoben ist, der den Strom auf das vielfältigste verzweigt und dadurch eine Analogie mit dem Capillarsysteme herstellt.

Setzen wir die Pumpe in Thätigkeit nachdem das ganze Röhrensystem unter einem bestimmten Drucke gefüllt wurde, der in allen Röhrenabschnitten überall die gleiche Druckgrösse hervorbrachte, so sehen wir nun Druckschwankungen in dem Systeme eintreten. In dem Abschnitt desselben, welchem eine bestimmte kleine Flüssigkeitsmenge entzogen wurde, sinkt der Druck; in dem anderen, dem sie zugeführt wurde, sehen wir ihn dagegen entsprechend steigen. Lassen wir die Pumpe nach dieser ersten Bewegung ruhen, so wird sich langsam die Gleichheit des Druckes wieder herstellen, indem ebenso viel Flüssigkeit durch die Lücken des Schwammes in den Röhrentheil mit geringerem Druck zurückströmt, als aus diesem entzogen war.

Wiederholen wir das Pumpen früher als der Druck sich ausgeglichen hat, früher also als das Aequivalent der ausgepumpten Flüssigkeitsmenge den Schwamm durchsetzen konnte, so wird die Druckdifferenz in beiden Abschnitten im gleichen Sinne noch gesteigert. Der erhöhte Druck muss nun aber die Flüssigkeitsbewegung in dem ganzen Systeme beschleunigen.

Lassen wir das Pumpen rasch, mit gleicher Kraft, rhythmisch erfolgen, sodass jede Pumpenbewegung eine gleiche Flüssigkeitsmenge überpumpt, so muss ein Zeitpunct eintreten, in welchem der Druck in dem zweiten Abschnitte genau so hoch gesteigert ist, dass in der Ruhepause der Pumpe ebenso viel Flüssigkeit aus diesem Abschnitt in den ersten zurückströmt, als diesem durch eine Pumpenbewegung entzogen wurde. Nun haben wir in dem Systeme einen constanten Strom hervorgebracht, und zwar durch den gesteigerten Druck in dem zweiten Röhrenabschnitte, der dem arteriellen Systeme des Blutkreislaufs entspricht. Dem hohen Drucke in diesem (dem arteriellen), correspondirt ein entsprechend geringerer in dem ersten (venösen) Röhrensystemtheile.

Anwendung der Gesetze der Hydraulik auf die Blutbewegung.

Nach dieser Betrachtung der hydraulischen Vorgänge bei dem Strömen von Flüssigkeiten in starren und elastischen Röhren, erklären sich die Erschei-

nungen bei Beobachtung des Kreislaufs unter dem Mikroskope sehr einfach, ebenso der grösste Theil der Bewegungen des Blutes in den weiteren Gefässen. Die Langsamkeit des Wandstromes in den Capillaren entspricht vollkommen dem was wir über die Flüssigkeitsbewegung in engen Röhren auch sonst beobachten. Warum die weissen Blutkörperchen im Randstrom schwimmen ist nicht ganz klar, besonders da die weissen specifisch leichter sind wie die rothen Blutkörperchen, wie wir aus der Geschwindigkeit, mit der sie sich im stehenden Blute senken, erfahren haben. E. H. Weber hat mit Hülfe der weissen Blutkörperchen die Geschwindigkeit des Wandstromes in den Capillaren gemessen, er fand sie mehr als zehnmal geringer als die des Axenstromes, im Mittel in zwei Beobachtungsreihen zwischen 0,0147‴ und 0,027‴ in der Secunde. Das Rollen der fliessenden Blutkörperchen auf ihrer Bahn zeigt uns eine directe Wirkung der verschiedenen Geschwindigkeit in den concentrischen Flüssigkeitsschichten des Gefässes.

Die Blutgefässe mit dem Herzen sind wie das Weber'sche Kreislaufsschema ein in sich geschlossenes System elastischer Röhren. Wenn die Gesammtmasse des Blutes in ihm gleichmässig vertheilt ist, so steht das Blut immer noch unter einem gewissen, geringen Druck, der beweist, dass die Blutmenge etwas grösser ist, als dem natürlichen Gesammt-Gefässlumen entspricht; die Gefässwände werden etwas ausgedehnt. In diesem Systeme gefüllter elastischer Röhren wird nun dadurch ein Druckunterschied an verschiedenen Stellen hervorgebracht, dass durch das Herz wie in dem genannten Schema in den einen Röhrenabschnitt eine bestimmte Flüssigkeitsmenge eingepresst wird, die aus einem anderen Röhrenabschnitt entnommen wurde. Die elastischen Kräfte des Systemes reichen für sich aus, diese Ungleichmässigkeit der Flüssigkeitsvertheilung und damit den Druckunterschied wieder auszugleichen. Von der stärker gespannten Stelle entsteht eine Strömung zu der weniger gespannten, bis die Ausgleichung geschehen ist. Es leuchtet ein, dass diese Strömung um so langsamer gehen muss, je grösser die Widerstände sind, die der Flüssigkeitsbewegung entgegenstehen. In einem Systeme weiter Röhren wird sie also viel rascher geschehen, als in einem solchen, wo, wie bei dem Blutgefässsystem zwischen den weiten Gefässen eine grosse Anzahl sehr enger, bedeutenden Widerstand bietender Haarröhrchen eingeschaltet sind.

Das Herz als Motor der Blutbewegung. Blutdruck.

Wir sind gewöhnt, uns die Herzbewegung als den alleinigen Grund des Blutlaufes in den Gefässen vorzustellen. Die mikroskopische Beobachtung zeigte uns dagegen schon, dass zu einem Durchpressen des Blutes durch die Adern die Pumpkraft des Herzens nicht ausreicht. In den kleinsten Gefässen, in Arterien und Venen und Capillaren findet sich ein constanter, gleichmässiger Strom, auch in den grösseren Venen sehen wir dasselbe. Anders ist es in den grösseren Arterien, in denen wir die rhythmische Pulsschwankung durch die Herzcontractionen beobachteten. Es liegt auf der Hand, dass wenn die Herzpulsation der alleinige Grund der Blutbewegung wäre, diese in allen Gefässen nicht nur in den Arterien einen rhythmischen Charakter entsprechend der rhythmischen Herzbe-

wegung besitzen müsste. Wir sehen dagegen den Puls in den enger werdenden Arterien immer mehr abnehmen und endlich ganz verschwinden. An seine Stelle tritt ein ununterbrochen gleichmässiger Strömungsvorgang, der unmöglich direct und allein von der Herzbewegung abhängig sein kann. Der Grund der Blutbewegung ist in Wahrheit nicht sowohl in der Herzcontraction sondern in dem bedeutenden Druckunterschiede zu suchen, der sich, freilich in Folge des beständigen Einpumpens von Flüssigkeit aus der venösen in die arterielle Hälfte des Gefässsystemes, zwischen den Venen und Arterien zu Gunsten der letzteren findet. Man hat diesen Druckunterschied in den Gefässen direct bestimmt. Man kann denselben schon durch das Betasten der Gefässe beurtheilen, wobei sich die Arterien prall gefüllt, die Venen schlaff an fühlen. Wenn man eine Oeffnung in eine grössere Arterie macht, so sprützt das in ihr unter hohem Druck befindliche Blut in mächtigem, mehrere Fuss hohem Strahle hervor, während es aus den Venen nur herausfliesst ohne nennenswerthe Steigung. Verbindet man mit einer Oeffnung in der Gefässwand ein Rohr (Manometer), so kann man, wie die Hydraulik lehrt, aus dem Steigen der Flüssigkeit in der Röhre den Druck erkennen, der in dem Gefässe herrscht. Lässt man das Blut selbst in das Manometerrohr hereinsteigen, so erreicht es darin eine bedeutende Höhe, die man messen kann. Gewöhnlich benutzt man als ein solches Haematodynamometer ein Quecksilbermanometer und lässt in diesem die Quecksilbersäule durch das Einströmen des Blutes heben. Man misst dann die unter dem Blutdruck zu Stande gekommene Quecksilbersäulenerhebung und bezeichnet sie als Blutdruck in Millimetern Quecksilber. In den Arterien ist der Blutdruck, da die Widerstände in den weiteren Röhren gegen die in den Capillaren fast verschwinden, überall sehr ähnlich, doch nimmt er selbstverständlich gegen die Zweige zu stetig ab. In der Aorta schätzt man den Blutdruck zu 250 Mm. Quecksilber = 3 Meter Blut. In der Arteria brachialis des Menschen hat Faivre zu 110—120 Mm. Quecksilber direct bestimmt. Beutner fand den Druck in der Lungenarterie etwa dreimal geringer als in der Aorta. In den Venen dagegen ist er sehr viel geringer, in den ganz grossen dem Herzen sich nähernden wird er = 0 endlich sogar negativ. Dieser bedeutende Druckunterschied ist für sich allein im Stande, den Blutstrom aus den Arterien in die Venen durch das Capillarsystem hindurch noch zu unterhalten, wenn das Herz plötzlich seine Thätigkeit einstellt z. B. auf Vagusreizung. Nach und nach erst stellt sich ein Gleichgewicht des Druckes in den beiden Gefässabschnitten ein und die Blutbewegung hört auf. Beginnt das Herz nun seine Thätigkeit nach eingetretener Ruhe wieder, so wird dadurch der Kreislauf in alter Weise nicht sogleich wieder hergestellt. Sobald das Herz aus dem venösen Systeme durch eine erste Contraction wieder Blut in die Arterien eingepresst hat, entsteht ein freilich noch geringer Druckunterschied zu Gunsten der letzteren. Die Ausgleichung desselben wird durch die enormen Widerstände der inneren Reibung in den Gefässen, vorzüglich in den Capillaren so verzögert, dass die zweite Contraction des Herzens noch einen Druckunterschied vorfindet und denselben durch ein weiteres Einpressen noch vermehrt. Die Geschwindigkeit des Blutstromes in den Capillaren nimmt dabei mit dem steigenden Drucke zu. Bei jeder folgenden Herzcontraction wieder-

holen sich dieselben Bedingungen, das Blut wird unter dem steigenden Drucke immer rascher fliessen, bis endlich in der Zeit zwischen einer Systole und der anderen genau eben so viel Blut durch die Capillaren in die Venen einströmt als das Herz aus diesen in die Arterien einpresst: über diese Grenze kann nur bei gleichbleibender Stärke der Herzcontractionen weder Druck noch Geschwindigkeit mehr steigen, es tritt eine Constanz der Verhältnisse ein. Der Blutdruck in den Arterien ist nun so hoch, dass er zur Bewerkstelligung des Kreislaufes ausreicht, das Herz hat nur die Aufgabe, die Druckunterschiede constant zu erhalten. Der Druck in den Gefässen setzt also die rhythmischen Blutbewegungen, welche die Herzcontraction verursacht, in einen continuirlichen Strom um, wie er allein den Bedürfnissen des Organismus und seiner Gewebe entspricht, in welchen ohne Störung ihrer Functionen, keinen Augenblick die Blutbewegung unterbrochen werden darf. E. H. Weber vergleicht die Arterien mit der Windlade einer Orgel, welche die Aufgabe hat, die von den Bälgen in sie eingepumpte Luft in sich anzuhäufen und diese dann unter einem hohen und gleichmässigen Druck in alle mit ihr in Verbindung stehende Pfeifen einzupressen. Man könnte ebenso gut an den Windkessel der Feuerspritze denken, welcher das rhythmisch eingepumpte Wasser unter so hohem Druck in die Rohre einpresst, dass auch ein gleichmässiger Wasserstrahl erzielt wird.

Die Menge des Blutes, welche eine Systole überpumpt, hat man nach verschiedenen Methoden zu 150–190 Gramm bestimmt. Directe Ausmessungen des Inhaltes des todten Ventrikels haben für diese Bestimmung keinen Werth, da man dabei die normale Spannung der Herzwände nicht einmal annähernd nachzuahmen vermag. Volkmann berechnete die Blutmenge, welche in der Minute aus dem Ventrikel strömt aus der Geschwindigkeit des Blutstromes in der Aorta und dem Querschnitte ihres Lumens, und berechnete die so gefundene Menge auf die Zeit eines Herzpulses. Die Rechnung ergab ihm etwa $^1/_{400}$ des Körpergewichtes, was den oben angeführten Zahlen entspricht. Genau eben so viel strömt in derselben Zeit durch jeden Gefässquerschnitt, da ja die Blutbewegung eine continuirliche ist.

Die Blutentziehung.

Die Spannung in dem Gefässsysteme steht demnach unter dem Einflusse der Häufigkeit und Stärke der Herzbewegung. Je mehr und je rascher die Systole Blut in die Arterien einpresst, desto grösser muss der Druck werden, um in der gleichen Zeit diese grösseren Blutmengen, oder die gleichen Blutmengen in kürzerer Zeit durch die Capillaren zu pressen. Im Allgemeinen steigt und sinkt auch der Druck mit der Zu- und Abnahme der Gesammtblutmenge, wie die sehr wichtigen Bestimmungen des Blutdruckes unter der Wirkung des Aderlasses ergaben, welche ein Sinken des Blutdruckes bis unter die Hälfte der anfänglich beobachteten Höhe erkennen liessen. Auch die Geschwindigkeit der Blutbewegung nimmt nach Volkmann's Bestimmungen ab. Diese Abnahme der Blutgeschwindigkeit liegt in der Abschwächung der Herzkraft durch den eingetretenen Blutmangel, unter welchen die normale Thätig-

keit aller Organe leidet. Das Herz pumpt weniger energisch, presst bei der Systole weniger Blut in die Arterien ein, der Druck im Arterienrohr muss dadurch sinken und dadurch wieder die Blutgeschwindigkeit, die ja von jenem direct bedingt wird. Nach der Blutentziehung sehen wir nach kurzer Zeit am Haematodynamometer den Druck wieder zunehmen. Eine chemische Untersuchung des Blutes nach starken Aderlässen ergiebt constant eine nicht unbeträchtliche, procentische Wasserzunahme desselben. Aus beiden Thatsachen muss man schliessen, dass nach der Blutentziehung eine Aufsaugung von Ernährungsflüssigkeit aus den Geweben in das Blut stattfindet und zwar muss diese aufgesaugte Flüssigkeit einen ziemlich geringen Procentgehalt an festen Stoffen haben. Diese gesteigerte Resorption beweisen auch Versuche, welche zeigen, dass unter der Haut, in Wunden gebrachte giftige Flüssigkeiten durch einen Aderlass in ihren Wirkungen auf den Organismus beschleunigt werden können. Auffallend ist es, wie selbst geringere Blutentziehungen die Temperatur des Organismus herabsetzen, und wie rasch durch sie ein Nachlassen der normalen Muskelkraft nicht nur des Herzens sondern auch der Stammmusculatur erfolgt, wie die Schwächezustände, Zittern, Ohnmachten zeigen, die in ihrem Gefolge sich einstellen. Es zeigt dieses, wie schon eine verhältnissmässig geringe Abnahme der Oxydationsbedingung = des Blutes den Verbrennungsprocess, den Stoffwechsel des Organismus herabsetzen und seine auf jenem beruhenden Functionen alteriren kann. Es leuchtet ein, dass die Therapie in der Blutentziehung ein wichtiges Mittel besitzt, die Organfunctionen zu beeinflussen.

Die Herzarbeit.

Es ist interessant, die Kraftentwickelung kennen zu lernen, welche das Herz bei seinen Contractionen ausübt. J. R. Mayer, der erste Entdecker des Principes der Erhaltung der Kraft, hat auch zuerst eine derartige Berechnung angestellt. Man kann die wirksam werdende Kraft in Kilogrammetern berechnen, d. h. finden, wie viel Kilogramme in einer gegebenen Zeit bis zu 1 Meter Höhe gehoben werden können, wenn wir die Blutmenge und den Druck kennen unter welchem sie in derselben Zeit aus dem Herzen ausströmt. Wir machen dabei die Voraussetzung, dass die Herzcontraction die alleinige Kraftursache sei, welche das Blut austreibt. Sicher tritt auch die Wirkung der elastischen Kräfte der Kammern und Vorkammern gegen die der Contraction so sehr in den Hintergrund, dass wir sie getrost vernachlässigen können.

Berechnen wir zuerst die Arbeit des linken Ventrikels. Nach Volkmann beträgt die Menge der während einer Systole aus jeder Herzkammer ausgetriebene Blutmenge wie wir schon angegeben haben 0,188 Kilogramm. Der mittlere Blutdruck in der Aorta beträgt etwa 250 Millimeter Quecksilberdruck, was einer Blutsäule von 3,21 Meter entspricht. Die gesuchte Grösse ist nun einfach für jede Systole 0,188×3,21 Kilogrammeter = 0,604 Kilogrammeter. Auf die Minute kommen im Durchschnitt 75 Herzcontractionen, so berechnet sich die Arbeitsleistung des linken Herzens allein auf 64800 Kilogrammeter in einem Tage. Da der Blutdruck in der Pulmonalis etwa dreimal schwächer ist, so ist ihre Arbeitsleistung in gleicher Zeit also ebenfalls nur

der dritte Theil der von dem linken Herzen ausgeübten. Er beträgt also im Tage etwa: 21900 Kilogrammeter. Mit anderen Worten: die Arbeit des Herzens würde in einem Tage im Stande sein, 86700 Kilogramme (1 Kilogramm = 2 Zollpfund) einen Meter hoch zu heben oder, was dasselbe ist, ein Kilogramm 86700 Meter hoch. Wie enorm diese Arbeitsleistung ist, wird erst recht anschaulich, wenn wir erfahren, dass die grösste Arbeitsleistung eines Arbeiters im Tage (8 Arbeitsstunden) nur etwa 320000 Kilogrammeter beträgt, also nicht 4 mal mehr als die Herzarbeit! Die gesammte Herzarbeit wird durch die Widerstände im Gefässsystem, durch die innere Reibung verbraucht d. h. in Wärme verwandelt. Mit der geringeren Arbeitsleistung steht die geringere Muskelstärke des rechten Herzens in Beziehung.

Geschwindigkeit der Blutbewegung.

Im Allgemeinen haben wir schon darauf hingewiesen, dass mit der Steigerung des Druckes in dem Gefässsystem auch die Geschwindigkeit der Bewegung in ihm zunimmt. Eben so sehen wir ein gesetzmässiges Verhältniss zwischen dem Widerstand und der Stromgeschwindigkeit. Auch die Erweiterung des Strombettes, die wir im arteriellen Systeme im Allgemeinen mit der fortschreitenden Zertheilung der Aeste eintreten sahen, fanden wir von verlangsamendem Einfluss auf die Geschwindigkeit des Blutlaufes. Es muss nothwendig die Geschwindigkeit in den Anfangstheilen der Blutbahn eine grössere sein als in den weiter abgelegenen. Für den Organismus sind die Verhältnisse des Strombettes zu wechselnd, als dass man die Geschwindigkeit nach gegebenen Daten berechnen könnte. Volkmann u. A. haben sie direct für einige Gefässe zu bestimmen gesucht. Man findet die Geschwindigkeit in den Arterien nahe dem Herzen wirklich immer viel grösser als in den weiter abgelegenen. Volkmann berechnet die mittlere Geschwindigkeit in der Secunde für die Aorta zu etwa 400 Millimeter. In der Carotis von Hunden bestimmte er sie im Mittel zu 300 Millimeter. Volkmann liess zum Zweck dieser Bestimmung das Blut aus der Ader in eine U-förmig gebogene, mit Flüssigkeit gefüllte Glasröhre einströmen und mass an einer Scala den Weg welchen das Blut während einer Secunde in dieser Röhre zurücklegte. Er nennt sein Instrument: Haemodromometer. Vierordt suchte die Geschwindigkeit aus dem Ausschlag eines in das strömende Blut gehängten Pendelchens (Haemotachometer) ebenso zu bestimmen, wie man diese Methode zur Bestimmung der Geschwindigkeit der Wasserbewegung in Flüssen etc. anwendet. Der Ausschlag des Pendels giebt zunächst nur Anhaltspuncte zur Berechnung der vorbei geströmten Mengen Flüssigkeit. Um die Geschwindigkeit zu bestimmen, muss dann erst noch der Durchschnitt des Gefässes, dessen Blutgeschwindigkeit man bestimmen will, gemessen werden. Es ist beachtenswerth und spricht, wie es scheint für die Richtigkeit der nach beiden Methoden gefundenen Resultate, dass sie ziemlich scharf übereinstimmen.

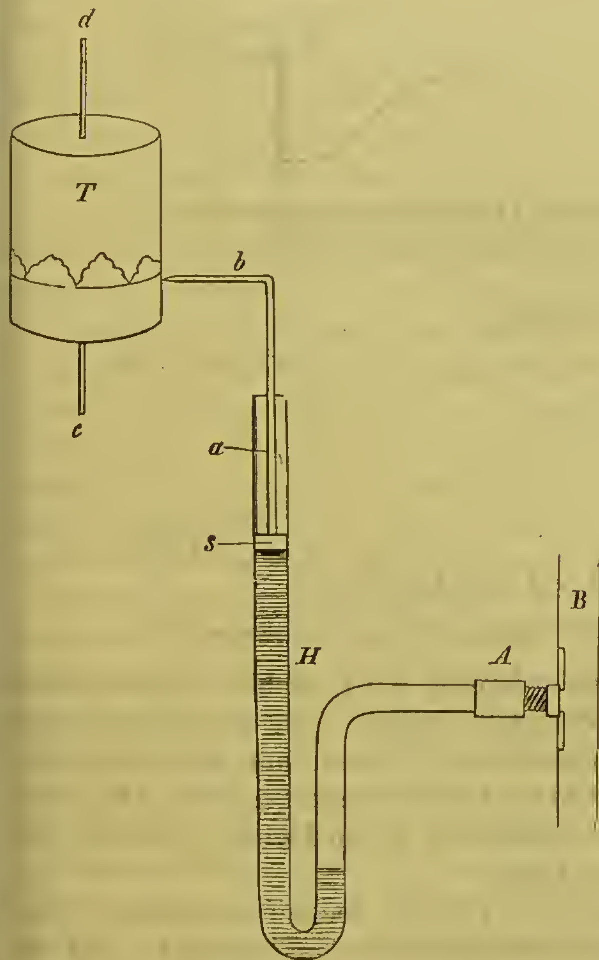
Der Puls und die Geschwindigkeit des Kreislaufs.

Die constant unter der Wirkung des höheren Druckes in den Arterien eintretende Entleerung derselben, der dagegen nur rhythmisch erfolgende Ersatz der verlorenen Flüssigkeitsmengen durch die Herzaction machen die Blutbewegung in den Arterien zu einer doppelten. Einmal sehen wir ein constantes Fliessen in ihnen durch die Druckwirkung der Wände erzeugt, welches auch nach Aufhören der Herzaction noch bis zur Ausgleichung aller Druckunterschiede fortgeht. Mit dieser constanten Strömung mischt sich, wie sich aus den oben angeführten Untersuchungen der Flüssigkeitsbewegung in elastischen Röhren ergiebt, eine Wellenbewegung, deren Ursache das rhythmische Bluteinpumpen des Herzens ist. Diese Wellenbewegungen, die sich in den Arterien als eine Druckerhöhung während der Systole, als eine Druckerniedrigung während der Diastole des Herzens zu erkennen giebt, wird als Puls bezeichnet. Er ist am stärksten in den grössten, dem Herzen am nächsten gelegenen Arterien, in den kleineren sahen wir ihn schwächer werden und meist schon ehe sie in Capillaren übergehen, ganz verschwinden. Der Puls ist eine Ausdehnung aller Arterien durch die während der Systole in sie eingepresste Blutmenge. Man kann an oberflächlich unter der Haut liegenden oder an blosgelegten Arterien mit freiem Auge sehen, dass diese Ausdehnung ganz wie bei todten elastischen Röhren sowohl die Weite als die Länge des Gefässes vergrössert. Diese Ausdehnung tritt wie dort in der ganzen Länge des Gefässsystemes nicht gleichzeitig auf. Wenn das Blut in das Anfangsstück der Aorta eingepresst wird, so wird dieses zuerst ausgedehnt. Seine elastischen Kräfte machen sich nach Aufhören der Wirkung des übermächtigen Herzdruckes sogleich geltend. Sie üben einen Druck auf den flüssigen Inhalt aus, der den eingetretenen Ueberschuss wegzupressen versucht. Nach dem Herzen zu ist der Rückweg durch die Klappen versperrt, der Ueberschuss wird sonach weiter vorwärts gedrängt. Indem sich dieselbe Wirkung der elastischen Kräfte in jedem folgenden mehr ausgedehnten Arterienstück wiederholt, läuft die Ausdehnung als Wellenberg über die Arterienwand hin den Capillaren zu. Dabei nimmt die Kraft der Welle immer mehr ab und wird endlich = 0. Die Ursache dieses Verschwindens des Pulses liegt in verschiedenen Momenten. Schon die Bewegung an sich, die bedeutenden Widerstände in den Gefässen etc. schwächen die Welle mehr und mehr ab. Dabei kommt vor allem auch die enorme Erweiterung des Strombettes bis in's Capillarsystem in Betracht. Die Stärke der Welle steht natürlich mit ihrer Ausdehnung in umgekehrtem Verhältniss. Wenn sich in den Capillaren das Strombett des Blutes auf das 400 fache erweitert, wie man annimmt, so muss dort die sichtbare, ausdehnende Wirkung der ungeschwächt gedachten Welle 400 mal geringer sein, dazu kommt noch, dass die Blutmenge und dadurch der durch die Systole eingepresste Ueberschuss sich während des Ablaufes der Welle durch Abfluss in das Venensystem immer mehr verringert. Nur in ganz seltenen Fällen, wenn z. B. die Gefässe durch Lähmung ihrer Nerven erweitert, die Widerstände also geringer sind, geht die Wellenbewegung auch in das Capillarsystem und durch dasselbe in die Venen über. Bei den arbeitenden Speicheldrüsen zeigen die Venen neben dem schon beschriebenen hellrothen Blute auch noch Puls. Man kann das Fortschreiten des

Pulses über die Arterien mit der Uhr messen. An vom Herzen abgelegeneren Arterien tritt die Ausdehnung der Wand später ein. Die Pulswelle pflanzt sich um 9240 Mm. in der Secunde fort (E. H. Weber). Man darf sich also die Welle nicht als eine kurze, längs der Arterien fortrollende Welle vorstellen. Die Pulswelle ist so lang, dass nicht einmal eine einzige ganze Welle Platz hat in der Strecke von dem Anfang der Aorta bis zur Zehenspitze. Nehmen wir an, dass eine Zusammenziehung des Herzens $^1/_3$ Secunde dauert, so ist der Anfang der Welle schon 3080 Mm. (mehr als 9 Fuss) weit fortgeschritten, während ihr Ende in der Aorta entsteht. Es wird also durch den Puls sehr rasch das ganze Arterienrohr ausgedehnt, das sich dann etwas langsamer vom Herzen weg wieder verengert.

Der Puls bietet für die Diagnose und Therapie in Krankheiten so wichtige Anhaltspuncte, dass es wichtig ist seine normalen Verhältnisse genau zu kennen, um beurtheilen zu können, ob sie in krankhaften Zuständen Aenderungen erfahren haben. Man hat, um den Puls hiezu mit physikalischer Schärfe beobachten zu können Apparate zur Pulsmessung ersonnen, welche die subjectiven Empfindungen des pulsfühlenden Fingers, unter Umständen freilich das beste Beobachtungsinstrument, der objectiven Betrachtung und Messung zugänglich machen sollen. Bei Thieren ist es thunlich zur Beobachtung in eine Arterie das Manometer (Haematodynamometer) einzufügen und die durch den Puls hervorgebrachten Druckschwankungen an dem Auf- und Niedersteigen des Quecksilbers an der Scala dem Auge sichtbar zu machen. Ludwig hat in seinem Kymographion einen Apparat ersonnen, welcher die Druckschwankungen des Blutes selbst aufschreibt (Fig. 96). Auf die Oberfläche des Quecksilbers in der Manometerröhre wird ein leichter Schwimmer aufgesetzt, der an seinem frei aus der Röhre vorstehenden Ende einen queraufgesteckten Pinsel trägt, der also den Bewegungen des Quecksilbers auf- und abwärts folgt. Der Pinsel schreibt diese Bewegungen auf eine durch ein Uhrwerk mit gleichmässiger Geschwindigkeit um eine senkrechte Axe sich drehende

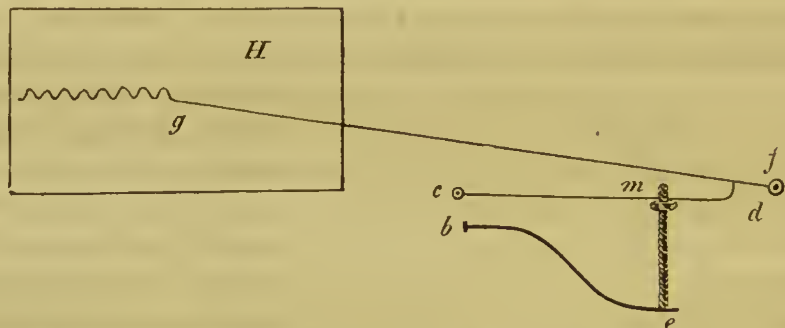
Fig. 96.



T Kymographion Trommel um die Axe *c d* beweglich. *B* die Arterie. *A* Ansatzstück, welches die Arterie mit dem Manometer *H* verbindet. *a s* der Schwimmer welcher auf dem Quecksilber aufsitzt. *b* schreibender Pinsel.

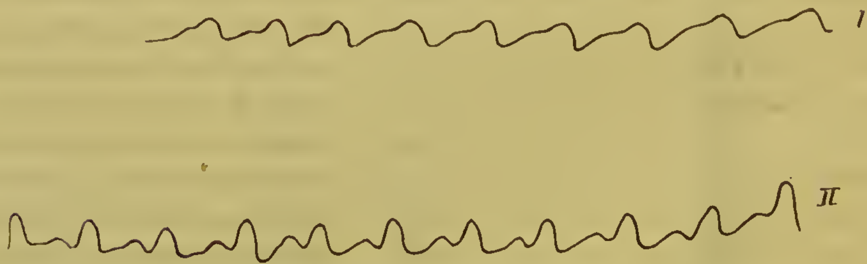
Trommel, die mit Papier beklebt ist. Es entstehen durch den Verlauf der regelmässigen Druckschwankungen Curven auf dem Papiere, an denen die Pulsveränderungen der messenden Beobachtungsmethode zugänglich werden. Bei dem Menschen, bei dem sich diese Methode nicht in Anwendung bringen lässt, benutzt man die durch das Hindurchgehen des Pulses entstehende seitliche Ausdehnung der Arterie, die man sich ebenfalls selbst, durch sogenannte Sphygmographen graphisch darstellen lässt. VIERORDT, dem wir diese Methode verdanken, setzte auf die Arterie ein Knöpfchen, dessen Hebungen einen Fühlhebel bewegten. Ein an dessen Spitze angebrachter Pinsel schreibt auf der eben beschriebenen Trommel des Kymographion seine Curven. MAREY hat ein sehr compendiöses Instrument angegeben, das für den Arzt eine weit leichtere Verwendung gestattet als das VIERORDT'sche und wohl noch genauere Resultate als jenes giebt (Fig. 97. 98). Der Fühlhebel, der hier ebenfalls durch

Fig. 97.



H die durch ein Uhrwerk bewegte Platte, *f g* die auf diesen schreibende Feder, *e b* der auf die Ader aufgedrückte Knopf im Durchschnitt.

Fig. 98.



Pulscurven mit MAREY's Sphygmograph geschrieben. Richtung von rechts nach links.

das auf die Arterie aufgelegte Knöpfchen bewegt wird, ist hier sehr leicht und an seiner Spitze mit einer Art Schreibfeder versehen, die seine Bewegungen auf eine mit Papier beklebte Platte aufschreibt, welche mit gleichbleibender Geschwindigkeit durch ein kleines Uhrwerk vorübergezogen wird. Das Uhrwerk passt mit dem ganzen Apparat zusammen in ein kleines Kästchen, das leicht in der Tasche getragen werden kann.

Um den zeitlichen Verlauf des Pulses messen zu können, muss selbstverständlich die Umdrehungsgeschwindigkeit der Trommel, und die Laufgeschwindigkeit der MAREY'schen Platte bekannt sein. Der mit dem Zirkel zu messende Abstand der Curven belehrt uns dann über die Zeit welche zwischen je zwei Pulsschlägen verstrich, ebenso kann man auch die Dauer der

Wandausdehnung der Arterie auf die gleiche Weise direct messen, da ja bei der bekannten, gleichbleibenden Bewegung ein zurückgelegter Weg direct der Zeit proportional ist, welche zu seiner Zurücklegung erforderlich war.

Vierordt fand so, dass die Zeit der Ausdehnung der Arterie stets etwas kürzer dauert als die Zeit der Zusammenziehung; das Verhältniss ist etwa wie 100 : 106. Die Dauer der einzelnen auf einander folgenden Pulsschläge ist bei einem und demselben Individuum ziemlich wechselnd, sodass sich Unterschiede um mehr als ein Drittel der Zeit finden. Die Höhe der auf einander folgenden Pulscurven, also der Unterschied im Ausdehnungsgrade der Arterie: die *Pulsgrösse* ist bei demselben Individuum sehr schwankend, fast um das Doppelte. Es ist schon angedeutet worden, dass die Athembewegungen Druckschwankungen im Brustraume verursachen. Diese Druckschwankungen, Erhöhung des Drucks bei der Ein-, Verminderung bei der Ausathmung, machen sich auch bei den Pulsbeobachtungen besonders mit dem *Kymographion* geltend, sie zeichnen sich natürlich auch als Curven, die aber, weil die Athemzüge sich weniger rasch folgen als die Pulsschläge, viel grösser sind als die letzteren. Die Pulscurven sind auf dieses zweite Curvensystem aufgesetzt. Es steigen die Pulsdruckschwankungen an diesen Respirationscurven auf- und abwärts. — Es ist möglich, mit dem zufühlenden Finger den Puls ganz zum Verschwinden zu bringen, indem man die Arterie durch den ausgeübten Druck verschliesst. Der Arzt schliesst aus der dazu angewendeten Kraft auf den Blutdruck in der Arterie, damit also auf die Geschwindigkeit der Bewegung.

Das Marey'sche Instrument hat uns eine nicht unwichtige Eigenthümlichkeit der Pulswelle kennen gelehrt. Jeder Puls besteht aus zwei Hebungen und Senkungen, die zweite ist freilich so gering, dass sie nur mit feinen Instrumenten als eine kleine wellenförmige Erhebung auf dem absinkenden Theile der Hauptpulscurve nachgewiesen werden kann. Man kennt den »*doppelschlägigen*« Puls als eine Veränderung seines normalen Rhythmus in Krankheiten. Es ergiebt sich, dass in geringem Grade jeder Puls doppelschlägig (dicrotisch) ist. Man kennt die Ursache für diese zweite Pulswelle nicht. Jedenfalls wird an irgend einer Stelle im Arteriensystem ein Theil der primären Pulswelle reflectirt. Man denkt bei dieser Erklärung an die plötzliche Ausdehnung der Semilunarklappen oder an die Theilungsstelle der Aorta.

Die Zahl der Pulsschläge die Pulsfrequenz wechselt vielfach bei demselben Individuum. Die kleinste Bewegung, lautes, anhaltendes Sprechen, andere zufällige Veränderungen des Athemrhythmus, Gemüths- und Sinneseindrücke verändern die Pulsfrequenz in auffallender Weise. Doch ist es gelungen eine Reihe allgemeiner Gesichtspuncte in dieser Hinsicht aufzufinden. Die Pulsfrequenz ist nach dem Alter des Individuums verschieden. Sie nimmt von der Geburt bis zum Mannesalter ab, um von da an wieder etwas zuzunehmen. Während der Säugling im Durchschnitt 134 Schläge hat, sinkt die Anzahl zwischen dem 20. und 24. Lebensjahr auf 71. Sie bleibt sich dann längere Zeit gleich, und steigt endlich wieder langsam an; im 55. Jahre 72, im 80. 79 Schläge in der Minute. Grössere Individuen haben im Allgemeinen einen etwas seltneren Puls als kleinere, ebenso Männer einen seltneren als Frauen. Bei demselben Individuum schwankt der Puls regelmässig nach

der Körperstellung, er verlangsamt sich durch Liegen und beschleunigt sich durch Aufstehen. Dem Arzte muss die Beobachtung bei jedem Krankenbesuche gegenwärtig sein. Bei Geschwächten reicht schon das Aufsetzen im Bette, die erste Aufregung des ärztlichen Besuches hin für einige Zeit die Pulsfrequenz zu steigern. Am Morgen ist die Pulsfrequenz grösser als am Abend; nach dem Essen steigt sie ebenfalls an. Bei Pflanzenkost soll sich die Pulsfrequenz verlangsamen.

Zum Schlusse dieser Betrachtung soll noch der Versuch Erwähnung finden, für ein einzelnes Bluttheilchen die Zeit zu bestimmen, die es bedarf um die ganze Bahn des Kreislaufs zu durchlaufen. Hering hat in sinnreicher Weise diese Frage dadurch lösen wollen, dass er eine leicht chemisch nachweisbare Flüssigkeit: Ferrocyankalium an einer Stelle in eine Vene einsprützte. Er bestimmte die Zeit die verlief, bis er die eingesprützte Substanz in Blutproben die er aus einem anderen Gefäss alle 5 Secunden entzog, nachweisen konnte. Es waren etwa 25 Secunden beim Pferde erforderlich bis das Ferrocyankalium das in die Jugularis der einen Seite eingesprützt wurde in der der anderen Seite (durch Eisenchlorid) nachgewiesen werden konnte. Es hatte das Blut in dieser Zeit den Weg von der Jugularis durchs rechte Herz, durch die Lungen, durchs linke Herz, durch den grossen Kreislauf bis zur Jugularis der anderen Seite zurückgelegt. Bei kleineren Thieren war die Umlaufszeit etwas geringer. Vierordt fand sie für den Hund zu 15,2, für eine junge Ziege zu 12,9, bei Kaninchen nur zu 6,9 Secunden. Die Resultate wechseln wenig, wenn man an einer anderen Stelle die Einsprützung und die Blutentziehung macht. Es ist aber aus der Verzweigung und Vertheilung der Gefässe klar, dass nicht jedes Bluttheilchen die gesammte Bahnstrecke zurücklegt. Die Bahnlängen sind für die verschiedenen Gefässe sehr verschieden. Am kürzesten ist der Weg durch das Herz. Auch der Kreislauf durch den Kopf, sowie der durch die Arme ist kleiner als der durch die untere Körperhälfte. Diese Betrachtung erregt einige Zweifel, ob die gemachte Zahlenangabe von 25 Secunden in Wirklichkeit einem ganzen Kreislaufe entspricht.

Sehr wichtig besonders auch für den Arzt ist es, dass das Experiment sowohl nach der eben angeführten als nach der Volkmann'schen Methode ergeben hat, dass die Pulsbeschleunigung oder Verlangsamung an sich keinen steigenden Einfluss auf die Umlaufszeit und die Geschwindigkeit der Blutbewegung hat. Man darf sich also nicht der landläufigen Vorstellung hingeben, dass bei raschem Puls z. B. im Fieber das Blut auch durch die Adern rascher hindurcheile, es kann sogar davon das Gegentheil der Fall sein. Der Grund liegt darin, dass raschere Herzschläge gewöhnlich auch entsprechend weniger energisch sind, sodass der einzelne weniger Blut überpumpt, als bei langsamerer Aufeinanderfolge der Pulse. Dieses Verhältniss kann, wie man sieht, die Pulsbeschleunigung in ihrem Einflusse sogar übercompensiren, sodass sogar ein Langsamerströmen eintreten kann als bei weniger frequentem Pulse. Im Fieber ist die Blutgeschwindigkeit stets vermindert. Man darf nicht vergessen, dass die stärkere Frequenz der Herzcontractionen das Zeichen der Herzermüdung ist.

Active Betheiligung der Gefässwandungen an der Blutbewegung.

Es hat schon oben Erwähnung gefunden, dass vom Gehirne aus ein bedeutender nervöser Einfluss auf die Weite der Blutgefässe und zwar namentlich der arteriellen ausgeübt werden könne.

In dem Vorstehenden wurde der Vorgang der Blutbewegung so dargestellt, als wäre die Betheiligung der Blutgefässe nur in den elastischen Kräften ihrer Wandungen begründet. Die Untersuchungen, welche in der neuesten Zeit von A. v. Bezold mit Bensen, Carl Bever und R. Gscheidlen angestellt worden sind, haben eine active Betheiligung der arteriellen Gefässwand an dem Fortpressen des Blutes durch die Capillaren ergeben, die in hohem Masse sich vom Gehirne abhängig erweist.

Wenn man nach Unterbindung des Herzens die Arterien und Venen der Organe in der Bauchhöhle mit blossem Auge oder mit der Lupe betrachtet, so sieht man unmittelbar nach der Herzunterbindung eine sehr starke Verengerung insbesondere der kleinen Arterien, welcher Verengerung eine Erweiterung nachfolgt.

Hat man den Halstheil des Rückenmarks vorher durchschnitten, so bleibt diese Verengerung der Arterien aus, die nun aber auf elektrische Reizung des Rückenmarks eintritt.

In Folge dieser Contractionen wird Blut aus den kleinen Arterien in die Venen getrieben. Bezold hat direct bewiesen, dass die Contraction der Arterienwandung nur im Sinne des normalen Blutstromes verwendet wird, dass also kein Blut aus den kleinen Arterien gegen das Herz, sondern nur gegen die Venen zu gepresst wird. Dies können wir nur verstehen, wenn wir eine **peristaltische,** regelmässige geordnete **Zusammenziehung der Arterien** annehmen.

Das Blut in den Körpercapillaren steht demnach bei erhaltener Herzthätigkeit und ungestörtem Gehirneinfluss unter dem treibenden Einfluss zweier Muskelsysteme: des Herzens und der Arterien, und beide Systeme verwenden ihre gesammte locomotorische Kraft nach ein und derselben Richtung.

Nur wenn das Gehirn vom Rückenmark getrennt ist, treten nach Sistirung des Herzschlags die Druckausgleichungen in den arteriellen und venösen Gefässabschnitten allein durch die Wirkung des höheren Druckes in dem arteriellen Systeme ein, welcher von der Herzthätigkeit übrig geblieben ist.

Die Vertheilung des Blutes in der Leiche, wo wir die Venen stärker gefüllt, die Arterien relativ leer finden, sind wahrscheinlich hauptsächlich als Resultat einer letzten Lebensthätigkeit des Hirnes aufzufassen. Unter seinem Einfluss ziehen sich die kleinen Arterien nach dem Erlöschen der Herzthätigkeit noch zusammen und pressen, kleinen accessorischen Herzen gleich, Blut in die Venen über.

Es gelang v. Bezold auch die nervösen Bahnen sicher zu stellen, auf welchem vom Centralnervensysteme aus der Antrieb zu den Arteriencontractionen erfolgt. Er kommt zum Schluss, dass der überwiegende Theil der accessorischen Triebkraft, welcher den Arterien zukommt, vom Gehirn aus mittelst der Nn.

Splanchnici in jenem Gebiete angeregt wird, welches in die Wurzeln der Pfortader einmündet. Man muss sich auch hier an die Beobachtung Rüdinger's erinnern, dass der Splanchnicus der Hauptsache nach Rückenmarksnerve ist.

Accessorische Einwirkungen auf die Blutbewegungen in den Venen.

Zur Vollendung des Kreislaufs in den Venen kommen ausser den genannten noch andere Hülfskräfte zur Verwendung. Vor allem ist hier nochmals der sogenannten Aspiration durch den Thorax zu gedenken. Die Lungen sind im Brustraume so eingefügt, dass sie etwas über ihr natürliches Volumen ausgedehnt sind. Vermöge ihrer Elasticität suchen sie sich zu verkleinern und üben dadurch einen negativen Druck auf ihre Umgebung im Thorax aus, wodurch dort alle Hohlorgane ausgespannt werden müssen. Wir sahen schon, dass darin der Grund für die passive Wiederausdehnung der erschlaffenden Herzhöhlen liegt, wodurch sich diese wieder aus dem venösen Blutgefässsysteme mit Blut anfüllen. Es saugt also der Thorax beständig aus den Körpervenen (auch Lymphgefässen) Blut in die grossen innerhalb der Brust liegenden Venen und schliesslich in das Herz. Der Blutdruck in den Venen wird dadurch entweder null oder in der nächsten Nähe des Brustraumes sogar negativ. Wird eine solche Vene z. B. am Halse geöffnet, ohne dass ihre Wände sogleich wieder zusammenfallen können, so sprützt sie nicht, sondern kann vermöge ihres negativen Druckes Luft ansaugen, wodurch manche plötzliche Todesfälle bei Operationen hervorgerufen werden. Die eingetretenen Luftbläschen stauen sich in den Capillaren des Herzens und unterbrechen dadurch den Blutkreislauf in demselben, wodurch es fast momentan gelähmt wird.

Bei der Einathmung, wobei sich die Lage noch weiter ausdehnt, steigt der negative Druck noch höher, der Blutzufluss zum Herzen wird also dadurch beschleunigt. Umgekehrt wird er durch Ausathmung aus dem entgegengesetzten Grunde etwas behindert. Dass sich diese Druckschwankungen auch auf die Arterien geltend machen, haben wir schon gehört. Der stärkere negative Druck während der Inspiration dehnt die Arterien in der Brusthöhle etwas aus und vermindert dadurch den Blutdruck in ihnen, umgekehrt ist es bei der Exspiration.

Bei den Venen wirkt wie bei den Lymphgefässen die Anwesenheit der Klappen befördernd auf den Blutstrom ein, indem jeder Druck der auf eine Vene ausgeübt wird, das Blut nur vorwärts treiben kann. Dadurch wird die Lage vieler Venen zwischen Muskeln für die Blutbewegung von Wichtigkeit, da ihre Contractionen durch den Druck, den sie dadurch auf die Venen ausüben, das Blut im Sinne des normalen Blutstromes vorwärts presst, indem die Klappen ein Rückströmen verhindern.

Bei manchen Venen wirkt auch die Schwerkraft für die Blutbewegung in ihnen förderlich. Es ist klar, dass dieses bei den Venen des Kopfes und Halses bei aufrechter Stellung der Fall sein muss. Auf die venöse Blutbewegung in den unteren Extremitäten wirkt sie dagegen verlangsamend, wie die häufigen Venenerweiterungen an den unteren Extremitäten bei Leuten mit

vorwiegend stehender Beschäftigung beweisen. Die praktische Chirurgie macht von dem Einfluss der Schwere auf die Blutbewegung eine sinnreiche Anwendung, indem sie durch höhere Lagerung entzündeter Gliedmassen den venösen Blutabfluss aus ihnen erleichtert. Diese antiphlogistische Methode hat selbstverständlich weit grössere Wirkung als einmalige oder öftere locale Blutentziehungen.

Die Blutbewegung in den Venen zeigt, da sie einigen unregelmässig wirkenden Einflüssen unterliegt, weit öfter Störungen als die in den Arterien.

Dieselben Momente, welche wir das venöse Blut bewegen sahen, kommen auch bei der Lymphbewegung zur Geltung. Auch hier werden die Klappen wirksam; auch hier macht sich die Aspiration des Thorax bemerklich, da ja die Lymphgefässe in offner Verbindung mit den Venen stehen. Der Milchbrustgang, Truncus lymphaticus communis sinister mündet in den Vereinigungswinkel der V. subclavia sinistra und V. jugularis comm. sinistra ein. Der rechte Lymphgefässstamm, Truncus lymphaticus communis dexter, geht in die Vena subclavia dextra. An den Einmündungsstellen finden sich Klappen, links zwei, rechts eine, von halbmondförmiger Gestalt, welche das Eindringen von Venenblut unmöglich machen.

II. Ausscheidungen aus dem Blute.

Dreizehntes Capitel.

Die Athmung.

Lunge und Athembewegungen.

Begriff der Athmung.

Auf dem Wechselverkehr des Organismus mit der Atmosphäre, auf der Athmung beruht das Leben. Mit Hülfe des Sauerstoffes, der aus der Luft in das Blut und von diesem aus zu allen Organen gelangt, werden alle die Kraftäusserungen hervorgebracht, die wir als Beweise des Lebens ansprechen.

Der Process der Athmung zerfällt in zwei wesentlich getrennte Vorgänge.

Ueberall wo das Blut, das den Wechselverkehr des Organismus mit der Luft besorgt, mit dieser in so directe Berührung kommt, dass eine Gasdiffusion eintreten kann, sehen wir Sauerstoff aus der Luft in das Blut aufgenommen und Kohlensäure und Wasser dafür ausgeschieden. Es findet sich dieser Vorgang vor allem an den Lungen, aber auch an der Haut, deren reich mit Blutgefässen umsponnene Drüsenöffnungen der Luft Zutritt zum Blute gestatten, und auch an den Schleimhäuten des Digestionscanales wird der Sauerstoff der dahin gelangenden Luft aufgesaugt und dafür Kohlensäure ausgeschieden. Dieser Verkehr des Blutes mit der Luft kann als äussere Athmung bezeichnet werden.

Die innere oder Gewebsathmung beruht auf dem gegentheiligen Vorgange.

Die Gewebe, welche das Blut umspült, nehmen aus ihm den Sauerstoff auf und beladen es dafür mit Kohlensäure und den übrigen die Organfunctionen durch ihre Anwesenheit meist lähmenden Oxydationsproducten, die sie durch ihre Thätigkeit erzeugt haben.

Der Bau der Lunge.

Die Lunge ist eine Drüse. Man hat früher darin einen Unterschied finden wollen, dass sich in der Lunge ein zweifacher Vorgang: eine Stoffabgabe — CO_2 — und eine Stoffaufnahme — O — findet, während sich bei den übrigen Drüsen mit Ausführungsgängen nur eine Stoffabgabe bemerklich machte. Die neuere

Forschung hat jedoch bei einer Reihe von Drüsen eine gleichzeitige Stoffaufnahme in das Blut neben der Abgabe erwiesen. Am bekanntesten ist dieses von der Leber, bei welcher neben der Abgabe von Stoffen zu der Gallebildung eine Aufnahme des in den Drüsenzellen gebildeten Zuckers von Seite des Blutes stattfindet. Seitdem kann das angeführte Unterscheidungsmerkmal der Bedeutung der Lunge vor anderen Drüsen nicht mehr anerkannt werden. Das Charakteristische des Lungenbaues liegt darin, dass es sich in ihr nicht um Aufnahme und Abgabe von tropfbaren Flüssigkeiten sondern von Gasen handelt. Für diesen Zweck erleidet das allgemeine Schema der traubenförmigen Drüse, nach dem die Lunge gebaut ist, einige geringe Abänderungen.

Vor allem ist es der Ausführungsgang der Lunge, die Trachea, die Luftröhre, welche sich von den Ausführungsgängen anderer Drüsen unterscheidet. Die Luftröhre besitzt knorpelige Wände, welche sich durch den wechselnden Luftdruck nur wenig zusammenpressen oder ausdehnen lassen, sodass sie als stets offener Weg die Lunge mit der Atmosphäre verbindet. Ein häutiger Ausführungsgang würde dieser Aufgabe nicht entsprechen, da ein solches Organ nur dann einen wirklichen Hohlraum umschliesst, wenn irgend eine Substanz z. B. das Drüsensecret hindurchgeht, sonst liegen die Wände direct an einander an. An solchem Zusammenfallen wird die Luftröhre durch die sie bis auf eine kleine Strecke an der hinteren Seite umgreifenden Knorpelringe verhindert. Letztere werden zwar in den engeren Bronchien etwas unregelmässiger, aber erst den Aestchen von 1 Millimeter Durchmesser fehlen sie ganz. Den etwas weiteren sind die Ringe durch unregelmässig gestaltete Knorpelplatten ersetzt. Der knorpelige Theil wird von aussen von einem fibrösen, mit elastischen Fasern gemischten Gewebe überzogen. Die mittlere Schicht der Luftröhre bilden die Knorpelringe. An der Stelle, an der sie hinten offen stehen, ersetzt sie eine Lage quergerichteter glatter Muskeln. An der äusseren Seite finden sich einzelne Muskelstreifen mit Längsbündeln. Diese Knorpelmuskelschicht wird durch eine Lage gewöhnliches Bindegewebe mit der Schleimhaut, der innersten Schichte verbunden. Diese besteht in ihren innersten Lagen, die ein geschichtetes Flimmerepithelium tragen, fast ausschliesslich aus dichtverbundenen der Länge nach verlaufenden elastischen Fasern. In der Schleimhaut sind viele Schleimdrüsen eingebettet von demselben Bau, der uns von der Schleimhaut der Mundhöhle etc. her schon bekannt ist. Die Drüsenbläschen der grösseren von diesen Drüsen sind mit Pflasterepithelzellen ausgekleidet. Es kommen aber auch sehr einfache gabelige Drüsenschläuche vor, die ein Cylinderepithel führen. Während die Luftröhre wenig Blutgefässe und Nerven besitzt, ist sie dagegen reich an Lymphgefässen.

Die Lungen selbst sind zwei grosse dünnwandige, mit Luft erfüllte, elastische Säcke, deren einzelne traubenförmige Ausbuchtungen mit den Blutgefässen, Nerven und Lymphgefässen durch ein bindegewebiges Zwischengewebe verbunden werden. Von aussen sind sie überzogen von einer serösen Haut: dem Brustfelle oder der Pleura, welche in ihrem Baue sich von dem Bauchfelle nicht unterscheidet. Sie besitzt Blutgefässe und Nerven, an denen Kölliker Ganglienkugeln nachweisen konnte.

Jede Lunge besteht dem Wesen nach aus der Verästelung ihres Luftröhrenastes — Bronchus dexter und sinister —. Die Bronchien verästeln sich

wie die Ausführungsgänge der anderen traubenförmigen Drüsen baumförmig, indem sich jeder grössere Ast meist in zwei, unter spitzem Winkel abtretende Zweige spaltet, welche diese Verästelung ebenso fortsetzen, bis endlich eine sehr grosse Anzahl ganz zarter und enger Bronchialzweige entsteht, die einen reich verästelten Baum darstellen. Nirgends communiciren diese feinsten Enden mit einander. Sie erstrecken sich durch die ganze Lunge und finden sich ebenso an der Lungenoberfläche als in ihrem Innern. Die feinsten Bronchialzweige hängen mit den eigentlich absondernden Drüsenelementen der Lunge, mit den Lungenbläschen, den Alveolen der Lunge zusammen, indem jeder mit einer Gruppe solcher Bläschen, die den kleinsten Läppchen traubenförmiger Drüsen entsprechen, sich vereinigt (Fig. 99). In dieser Bläschengruppe stehen alle sie zusammensetzenden Hohlräume oder Ausbuchtungen in inniger, ziemlich offener Verbindung, umschliessen einen gemeinsamen Hohlraum, der sich aufwärts in einen einzigen Bronchialzweig verwandelt. Dadurch unterscheidet sich die Lunge etwas von den traubenförmigen Drüsen. Bei den anderen Drüsen dieser Gattung hängt bekanntlich jedes einzelne Drüsenbläschen wie an einem besonderen Stiele an seinem eigenen Ausführungsgange. Bei der Lunge haben dagegen alle zusammen ein Drüsenläppchen darstellenden Bläschen nur einen einfachen Ausmündungsgang. Jedes solche Lungenläppchen hat eine birnförmige oder trichterartige Gestalt mit vielfach ausgebuchteten Wandungen, Luftzellen. Die Trichterform hat ihm den Namen Infundibulum eingetragen. Die Alveolen selbst sind rundlich, nur an der Lungenoberfläche durch gegenseitige Abplattung mehr eckig.

Fig. 99. (*K.*)

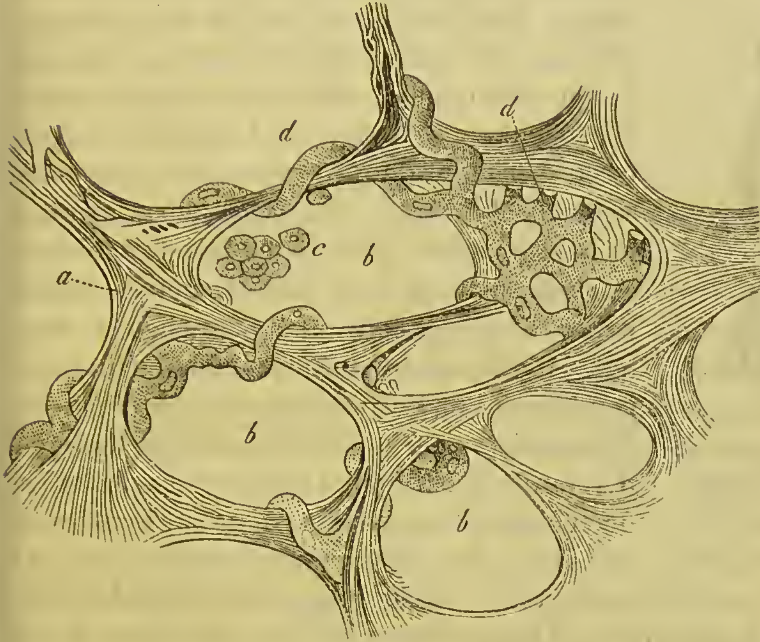


Zwei kleine Lungenläppchen *a a* mit den Luftzellen *b b* und den feinsten Bronchialästen *c c*, an denen ebenfalls noch Luftzellen sitzen. Von einem Neugebornen. 25mal vergr. Halb schematische Figur.

Der Bau der Bronchialzweige unterscheidet sich von dem der Trachea nicht nur durch die Umgestaltung der Knorpelringe in unregelmässige Platten sondern auch dadurch, dass die glatten Muskelfasern bei ihnen eine vollständige Ringfaserlage bilden, die sich bis in die feinsten Bronchialverzweigungen nachweisen lässt. Die Schleimhaut trägt dieselben Flimmerzellen wie in der Trachea. Remak will noch in den feinsten Bronchien traubenförmige Schleimdrüsen gesehen haben. In weiteren Aestchen finden sie sich sehr zahlreich. Die Lungenbläschen — Alvéolen — bestehen nur aus einer Faserhaut und Epithel. Die Faserlage besteht aus gewöhnlichem Bindegewebe mit elastischen Elementen und ist als Fortsetzung der Bronchialgewebe aufzufassen. Die elastischen Fasern bilden in ihr ein Balkennetz, von welchem das zartere Bindegewebe der Bläschenwand ausgespannt und gestützt wird (Fig. 100). Das Epithel der Lungenbläschen besteht aus gewöhnlichen wimperlosen Pflasterzellen. Sie stehen bei Erwachsenen nicht ganz dicht neben einander, indem Blutgefässschlingen sich zwischen sie eindrängen und frei zwischen sie zu liegen kommen.

Die einzelnen Abschnitte der Lunge werden durch lockiges Bindegewebe zusammengehalten, das nur durch seine bei dem erwachsenen Menschen reiche schwarze Pigmenteinlagerung, die bei Thieren meist fehlt, ausgezeichnet ist. Das Pigment besteht entweder aus unregelmässigen oder mehr krystallinischen Körnchen, die sich manchmal auch in der Wand der Lungenbläschen selbst finden; sie liegen nicht in Zellen eingeschlossen. Das Pigment entsteht sicher zum Theil aus dem Blutrothe, zum Theil ist es aber eingeathmeter und festgesetzter Kohlenstaub, an dem sogar hie und da noch die mikroskopische Structur der Pflanzentheile erkennbar ist (Traube, Virchow etc.). Durch diese Pigmenteinlagerung werden die aus Lungenbläschen sich zusammensetzenden Läppchen auch für das freie Auge anschaulich gemacht. Gewöhnlich ist eine Gruppe von neben einander liegenden primären Läppchen zu einem secundären, grösseren Läppchen, durch stärkere Pigmentablagerung abgegrenzt. Diese letzteren bilden auch, da sie von einem Bronchialzweige versorgt werden, eine grössere anatomische Einheit.

Fig. 100. (*F.*)



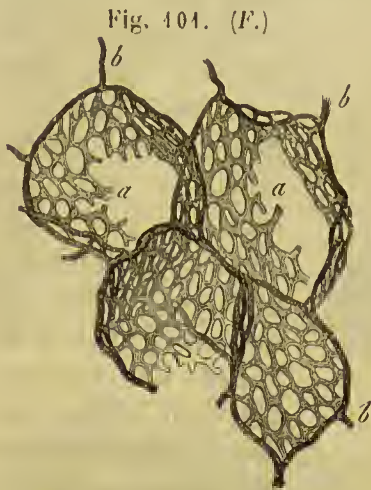
Durchschnitt durch die Lungensubstanz eines Kindes von 9 Monaten (nach Ecker). Eine Anzahl von Lungenzellen *b*, umgeben von den elastischen Fasernetzen, welche balkenförmig jene umgrenzen und mit der structurlosen dünnen Membran die Wandungen derselben *a* bilden; *d* Theile des Capillarnetzes mit seinen rankenartig gekrümmten und in die Hohlräume der Lungenzellen einspringenden Röhren; *c* Reste des Epithelium.

In Bezug auf die Gefässe lässt sich die Lunge nur mit der Leber vergleichen, indem sie wie diese drei verschiedene Gefässarten enthält, die sich in ein ungemein reiches Capillarnetz auflösen. Bei Lungen, deren Blutgefässe man mit einer gefärbten Masse eingespritzt hat, gewinnt es den Anschein, als setze sich die Wand der Alveolen nur aus Blutgefässen zusammen. Ein ähnliches Bild giebt die Beobachtung der lebenden Froschlunge unter dem Mikroskope, wo das Blut über die Alveolen scheinbar in breitem Bette sich ergiesst, an dem man die capillaren Wände, die es durchschneiden, kaum wahrnehmen kann. Das Netz der Lungencapillaren ist das feinste im ganzen Körper und umspinnt die Luftzellen vollkommen.

Die Aeste der Pulmonalarterie verzweigen sich in der Lunge meist den Bronchien entsprechend, doch etwas rascher, sodass sie früher zu feinen Gefässchen werden. Schliesslich erhält jedes secundäre Läppchen seine Arterie, die sich wieder nach der Zahl der primären Läppchen in feinste Zweige

spaltet, welche die einzelnen Alveolen versorgen (Fig. 101). Sie verlaufen anfänglich in dem Zwischengewebe der Läppchen, dann treten sie in die Wandung der Luftzellen selbst ein und verbreiten sich dort besonders in den elastischen Faserzügen. Erst hier lösen sie sich in das Capillarnetz auf. Aus diesem setzen sich die Venen zusammen, die an den Lappen etwas oberflächlicher liegen und in ihrem weiteren Verlaufe den Arterien und Bronchien sich anschliessen. An Injectionspräparaten sieht man leicht, dass jedes feinste Arterienästchen sich an dem Capillarnetze mehrer neben einander liegender Läppchen betheiligt. Die feinsten Arterienästchen selbst zeigen hie und da Verbindungen unter einander. Neben diesen für die eigenthümliche Function der Lunge bestimmten Gefässen besitzt diese noch ein eigenes Gefässsystem zur Ernährung ihres Gewebes, die sogenannten Bronchialarterien. Diese führen den Bronchien arterielles Blut zu, geben Aeste für die Lymphdrüsen an den grösseren Bronchien, die sog. Bronchialdrüsen ab und versorgen die Blutgefässe der Lunge, besonders die Arterien, reichlich mit Ernährungsgefässen. Auch die Pleura erhält durch sie das nöthige Blut. Die Capillaren der Bronchialarterien scheinen ihr Blut theilweise dem des Capillarnetzes der Lungenarterie zuzumischen, ein anderer Theil wird durch ein eigenes Venensystem (Venae bronchiales) abgeführt.

Fig. 101. (*F.*)



Das respiratorische Capillarnetz der Pferdelunge nach einer Gerlach'schen Injection. *b* Die die einzelnen Lungenbläschen mehr oder weniger ringförmig umgebenden Endäste der Arteria pulmonalis; *a* das Haargefässsystem.

Die Lunge ist sehr reich an Lymphgefässen, die nicht nur ein reiches Netz über der Lungenoberfläche bilden, sondern auch vielfach in dem Gewebe selbst sich verzweigen und mit zahlreichen Lymphdrüsen: Pulmonal- und Bronchialdrüsen zusammenhängen.

Vagus und Sympathicus senden ihre Zweige in die Nervengeflechte — Plexus pulmonalis anterior und posterior —, von denen die Zweige an und in die Lunge treten, um sich an den Gebilden derselben zu verästeln. Im Lungengewebe selbst sah man Ganglienzellen eingelagert.

Chemische Zusammensetzung des Lungengewebes.

Der Reichthum an ernährenden und besonders an Lymphgefässen spricht dafür, dass in dem Lungengewebe lebhafte chemisch-physiologische Vorgänge statthaben. Man darf die Lunge nicht nur als Träger für die Blutgefässe der Lungenarterie betrachten; sie ist ein wahres drüsiges Ausscheidungsorgan, das durch seine eigenthümliche Lebensthätigkeit die Gültigkeit der physikalischen Gesetze der Gasdiffusion namentlich für die Kohlensäureabgabe wesentlich beeinträchtigt. Man hat bisher dieser Seite des Lungenlebens noch wenig Aufmerksamkeit geschenkt. Es findet sich eine grosse

Menge von Gewebs-Zersetzungsproducten in der Lunge dem regen Stoffumsatz in ihr entstammend. Ohne Zweifel werden alle diese leicht diffundirenden Stoffe an das die Lunge passirende Blut abgegeben.

Cloetta fand in der Lunge (des Ochsen) Inosit, Harnsäure, Taurin und Leucin. Neukomm fand auch Harnstoff und Oxalsäure im Lungengewebe eines an Brightischer Krankheit gestorbenen Menschen. Nach der älteren Angabe von Verdeil findet sich in der Lungensubstanz eine eigenthümliche stickstoffhaltige Säure, welche in das Blut aufgenommen sicher ebenso die gebundene Kohlensäure austreiben kann, wie eine andere zugesetzte Säure. Nach dem Tode reagirt die Lungensubstanz stark sauer. Es rührt das daher, dass die sich auch im Leben bildende Säure wie bei anderen Geweben nach dem Tode nicht mehr durch die Wirkung der Blutcirculation weggewaschen wird und sich nun anhäufen kann. Daraus folgt im Leben eine fortwährende Säureaufnahme des Blutes aus dem Lungengewebe. Sie macht es verständlich, weshalb das Blut, nachdem es die Lungen durchsetzt hat, weniger reich an nur durch Säurezusatz austreibbarer Kohlensäure ist: Die Lunge ist ein actives Kohlensäure-Ausscheidungsorgan (Ludwig).

Die Asche der Lunge wurde von C. W. Schmidt nach den klinischen Gesichtspuncten Kussmaul's untersucht. Es finden sich vorwiegend phosphorsaure Verbindungen, die Natronsalze überwiegen die Kalisalze. Das Natron kommt auch als Kochsalz vor. Beachtenswerth ist der hohe Eisengehalt (auch als phosphorsaure Verbindung), der von dem Lungenpigmente stammt. Ein in den Lungen Erwachsener gefundener Kieselsäure (Sand)- gehalt stammt von eingeathmetem Staube.

Die Athembewegungen.

Der Lungenbau erweist sich sehr zweckentsprechend für den Gasaustausch. Dem Blute ist hier in reichem Maasse Gelegenheit gegeben, mit der Luft in Wechselbeziehung zu treten. Es ist hier vor allem wirksam die ungemein grosse Fläche, auf welche das Blut ausgegossen wird, also eine sehr bedeutende Vertheilung, welche jedem kleinsten Bluttheilchen Gelegenheit giebt, mit Luft in Berührung zu kommen. Die feuchten, zarten, nur mit einem unvollkommen geschlossenen Epithel bedeckten Wände der Alveolen setzen dem Gasverkehr nur sehr geringen Widerstand entgegen. Doch würde die Intensität eines nur auf Diffusion beruhenden Gasverkehres des Blutes mit der Luft nicht hinreichen, um in genügend kurzer Zeit die für das Leben nöthige Erneuerung des Blutes zu bewirken.

Es tritt dazu noch ein weiterer Factor in den Athembewegungen des Thorax und mit diesem der Lungen in Wirksamkeit. Die Bedeutung der Athembewegungen ist darin zu suchen, dass sie den an sich langsamen Gasaustausch durch Diffusion von Luftschichte zu Luftschichte in der Lunge dadurch unterstützen, dass sie an Stelle eines Theiles der Lungenluft, die sich schon mit den gasförmigen Ausscheidungsproducten des Blutes beladen hat, und in der darum die Intensität der Diffusionsvorgänge eine geringere ist, neue reine Luft zuführt, mit welcher der Gasverkehr ein sehr viel intensiverer sein kann. Dieser

mechanische Luftwechsel in den Lungen durch die Respirationsbewegungen hat also nur die Aufgabe, die Intensität der Gasdiffusion zwischen der Luft und den Gasen des Blutes auf einer bestimmten Höhe zu erhalten. Sowie sich der Kohlensäuredruck in der Lungenluft gesteigert hat, sodass dadurch die Diffusion bis zu einem gewissen Grade aus dem Blute verlangsamt wird, wird ein Theil dieser Luft ausgestossen und frische Luft dafür eingenommen, in der die Diffusion mit neuer Energie vor sich gehen kann.

Der Thorax hat bei seinen Bewegungen einige Aehnlichkeit mit einem Blasebalg. Er wird durch die Einathmung ausgedehnt, sein Innenraum dadurch erweitert. Die Folge ist, dass Luft in ihn einstürzt. Sowie er sich dagegen um ebensoviel verkleinert bei der Ausathmung, wird eine der eingeathmeten Luft gleiche Luftmenge wieder ausgepresst.

Die Vergrösserung des Brust- und Lungenraumes durch die Inspiration ist ein auf der Wirkung quergestreifter Muskeln beruhender activer Vorgang. Die Erweiterung des Brustraumes geschieht theils durch eine Veränderung der Rippenstellung, theils durch Herabdrücken des Zwerchfelles. Es erfolgt dadurch eine Ausdehnung des Brustraumes nach allen seinen Durchmessern.

Das Zwerchfell wölbt sich im erschlafften Zustande kuppelförmig in den Brustraum herein und liegt mit seinen Seitenrändern an der inneren Brustwand an. Durch die Zusammenziehung verflacht sich seine Wölbung, seine Ränder heben sich von der Brustwand ab; der vergrösserte Raum wird von den allen seinen Veränderungen folgenden Lungen sogleich ausgefüllt. Durch das Herabrücken des Zwerchfelles wird der Inhalt der Bauchhöhle unter einen stärkeren Druck versetzt, welcher theils die elastische Bauchwand vorwölbt, theils den comprimirbaren Theil des Bauchinhaltes: die Darmgase zusammendrückt. Die Rippen liegen um den Brustraum nicht als starre, unbewegliche Knochenringe; ihre Gelenke und die elastische Biegsamkeit ihrer Knorpeln, mit denen sie sich an das Brustbein ansetzen, gestatten ihnen eine doppelte Bewegungsweise. Sie können erstens direct etwas nach aufwärts gezogen werden, andererseits erlauben sie eine Drehung, durch welche ihre in der Ruhe nach abwärts gerichtete Convexität nach aussen und aufwärts gewendet wird, wodurch die Breitenausdehnung des Brustraumes zunimmt. Da die Ringe, welche zwei Rippen mit dem dazu gehörigen Brustbeintheile bilden, stark nach abwärts geneigt sind und die unteren die oberen an Umfang übertreffen, so muss durch ein Emporheben der Vorderfläche des Thorax, des Brustbeins, wie es durch die Hebung der Rippen geschieht, der Brustraum auch in dem Durchmesser von vorne nach hinten erweitert werden.

Die Stellung der Rippen, in der sie weder zusammengedrückt noch auseinander gezerrt sind, ist ihre Ruhelage, in welcher sich ihre elastischen Kräfte im Gleichwichtszustande befinden. In diese mittlere Ruhelage suchen sie stets zurückzufedern, wenn sie in der einen oder der anderen Richtung daraus entfernt werden.

Aus der Untersuchung frischer Präparate fand W. Henke, dass diese Ruhelage einer beginnenden Inspirationsstellung entspricht. Ein Theil des elastischen Zuges, welchen die Lungen auf die Innenfläche des Thorax ausüben, wodurch sie ihn zu verkleinern streben, wird also durch die Elasticität der Rippenknorpel paralysirt. Während, wie wir hören werden, die elastischen

Kräfte der Lunge unterstützt von der Schwere des vorderen Theils der Brust eine exspiratorische Verkleinerung des Brustraumes anstreben, sehen wir also die elastischen Kräfte der Rippen eine inspiratorische Erweiterung bewirken. Ein Theil der elastischen Kräfte, die bei der Athmung in Frage kommen, hält sich also das Gleichgewicht. Der Uebergang in Inspiration und gesteigerte Exspiration erfordert daher ohngefähr gleichen Kraftaufwand.

Die gewöhnliche Inspiration wird nur durch die Thätigkeit des Zwerchfelles, des Musculus scalenus anticus und medius auf jeder Seite und der Intercostales sowohl der externi als der interni hervorgerufen. Bei tieferer Inspiration und also am deutlichsten bei Athemnoth sehen wir noch weitere Hülfsmuskeln mit in die Action eintreten, zuerst die Rippenheber (Levatores costarum) und die Serrati postici. Bei angstvoller Athembehinderung kommen noch der Sternocleidomastoideus, Pectoralis, Serratus anticus jeder Seite mit ihrer Wirkung hinzu. Gleichzeitig sehen wir die Zugänge zu der Luftröhre, die Nasen- und Mundhöhleneingänge, die Stimmritze sich krampfhaft erweitern und an der rhythmischen Thätigkeit sich betheiligen. In allen Muskeln des Körpers treten zuletzt krampfhafte Contractionen zu Tage. Die oberen Extremitäten werden krampfhaft angestemmt und dadurch festgestellt, wodurch auch für die beiden letztgenannten Inspirationsmuskeln feste Ansatzpuncte geschaffen werden, zu denen sie die Rippen emporziehen können. Der Verlauf der Athemmuskeln geht im Allgemeinen von hinten oben nach vornen unten. Je nachdem die Thätigkeit des Zwerchfelles oder der Brustmuskeln bei dem Athmen überwiegt, unterscheidet man das Costal-Athmen von dem Abdominal-Athmen. Bei dem ersteren Athemtypus wird mehr die Brust, bei dem letzteren mehr der Bauch hervorgewölbt und ausgedehnt. Der Abdominaltypus des Athmens herrscht bei ruhigem Athmen bei dem männlichen, der Costaltypus bei dem weiblichen Geschlechte vor. Bei sehr verstärkten Athembewegungen tritt dieser Unterschied dagegen zurück, sie geschehen stets, wie sich schon aus der Betrachtung der Athemhülfsmuskeln ergiebt, hauptsächlich durch die Brust. Die Hervorwölbung des Bauches ist dabei sogar geringer als bei dem normalen Athmen, da die Bauchmuskeln an dem allgemeinen Contractionsbestreben theilnehmen und dadurch dem Hervorwölben einen bedeutenderen Widerstand entgegensetzen. Die belehrenden Abbildungen von Hutchinson machen diese Verhältnisse für die Profilansicht direct anschaulich (Fig. 102). Die Be-

Fig. 102.



grenzung der schwarzen Figuren stellt die Ausdehnung der Brust und des Bauches bei tiefster Exspiration dar. Die verschieden breite schwarze Linie entspricht dem ruhigen Ein- und Ausathmen. Der vordere Rand derselben der Ein- der hintere der Ausathmung. Die punctirte Linie veranschaulicht die Ausdehnung bei tiefster Inspiration.

Die Ausathmung, Exspiration, geschieht im normalen Athmen, im Gegensatze zu dem Einathmen nur durch passive Wirkungen. Das activ herabgesunkene Zwerchfell dehnt sich wieder aus und wird durch die vorhin von ihm gedrückten Baucheingeweide wieder in die Höhe gewölbt. Die Rippen sinken wieder herab theils durch die Schwere, theils weil nun die von dem Muskelzug überwundene Elasticität ihrer Knorpel diese wieder in ihre Ruhelage zurückzieht. Vor allem betheiligt sich aber an der exspiratorischen Verengerung des Brustraumes die Lunge mit ihren elastischen Kräften selbst.

Die Lunge ist so in den Brustraum eingefügt, dass sie allen seinen Bewegungen Folge leisten muss. Es wäre diese Verbindung einfach dadurch zu erreichen gewesen, dass Lungenoberfläche und Brustwand innig mit einander verwachsen wären. Es ist aber dasselbe herzustellen durch die Wirkungen des einlseitig gesteigerten Luftdruckes. Wir sind nicht im Stande die Glocke einer ausgepumpten Luftpumpe von ihrer Unterlage abzuheben, da sie durch den Druck der äusseren Luft fest auf diese angepresst wird. Machen wir den Luftdruck auf beiden Seiten, innen und aussen, gleich, so ist das Abheben vollkommen leicht; so lange die Luftverdünnung besteht, scheinen Glocke und ihr Untersatz aus einem Stück zu sein. Machen wir die Glocke nicht von Glas sondern von einem sehr elastischen Material, so sehen wir sie sich durch das Auspumpen immer mehr und mehr an ihre Unterlage anpressen bis endlich bei entsprechender Gestalt der letzteren der Zwischenraum zwischen beiden ganz verschwunden ist. Die elastische Haut schmiegt sich fest an die starre Unterlage an und lässt sich nicht von ihr entfernen, bis wir wieder Luft zuströmen lassen. Haben wir einen elastischen, leicht ausdehnbaren Beutel in eine Flasche gehängt und zwischen ihm und der Wand die Luft durch Auspumpen oder Aussaugen verdünnt, so sehen wir den Beutel sich fest an die Wandung anschmiegen und, wenn letztere beweglich ist, allen Bewegungen derselben folgen. Es hat dann ganz das Ansehen, als wäre der elastische Beutel an die Wände angekittet. Am besten verwendet man zu einem solchen Versuche als Beutel die Lunge eines kleineren Thieres, da eine solche ungemein ausdehnbar ist. Sie legt sich in der beschriebenen Weise an die Wandungen an, wenn die Luft zwischen ihnen verdünnt wurde, wobei sie sehr bedeutend ausgedehnt wird, und sinkt wieder auf ein kleines Volumen zusammen, wenn Luft zwischen ihre Oberfläche und die Wandung des Gefässes einströmt. Genau ebenso ist die Einfügung der Lunge in den Luftraum. Die Lunge liegt mit ihren Wänden direct der inneren Oberfläche des Thorax an und ist über ihr natürliches Volum ausgedehnt. Sowie wir der Luft von aussen her zwischen die Brustwand und die Lungenoberfläche den Zutritt gestatten, indem wir durch einen Stich die sogenannte Pleurahöhle öffnen, so stürzt die Luft mit Gewalt, pfeifend herein und die Lungen sinken auf ihr natürliches Volumen zusammen. Eine wahre Pleurahöhle kann natürlich nicht existiren, da die Lungenoberfläche — das viscerale Blatt — der Brustinnenwand — dem peri-

pherischen Blatte — genau anliegt. Nur eine sehr geringe Menge seröser Flüssigkeit ist zwischen ihnen vorhanden und erleichtert die Verschiebung der beiden Blätter an einander.

Die Verhältnisse der Lungeneinfügung sind also so, als wäre zwischen Lungenoberfläche und Thoraxwand die Luft vollkommen ausgepumpt und die Lunge dadurch nicht unbedeutend ausgedehnt. Bei dem ungeborenen Kinde liegt die noch nicht mit Luft gefüllte atelectatische Lunge dicht an der Brustwand an, der Brustraum ist durch das heraufgedrängte Zwerchfell namentlich sehr verkleinert, sodass ihn die noch nicht ausgedehnten Lungen mit den übrigen Brusteingeweiden vollkommen ausfüllen. Zwischen Lungenoberfläche und Brustwand ist keine Luft und kann auch keine herein. Sobald das Kind zu athmen beginnt, so erweitert die erste Inspirationsbewegung den Brustraum. Da keine Luft zwischen die Lunge und die Brustwand herein, diese sich auch nicht von der letzteren entfernen kann, so wird sie mit ausgedehnt, ihre Lungenzellen erweitert. Nun strömt Luft in die Bronchien ein, füllt sie bis zu ihren letzten Endausbuchtungen an und lässt sich nun durch äusseren Druck nicht mehr vollkommen aus ihr entfernen. So bleibt die Lunge nach der ersten Athmung schon etwas über ihr natürliches Volumen ausgedehnt. Bekanntlich wird der bleibende Luftgehalt der Lunge nach der ersten Athmung zur sogenannten Lungenprobe in der gerichtlichen Medicin benützt. Eine Lunge, die einem Kinde, das gelebt hat, angehört, schwimmt auf Wasser geworfen, während eine Lunge eines vor der ersten Athmung verstorbenen Kindes darin untersinkt. Mit der zunehmenden Körperentwickelung wächst der Brustraum in stärkerem Verhältniss als die Lunge die Lunge wird dadurch mehr und mehr ausgedehnt.

In der Brusthöhle herrscht durch diese Einfügungsart der Lunge beständig auf alle Organe ein negativer, sie auszudehnen strebender Druck oder vielmehr Zug, den wir bei der Blutbewegung nicht unwesentlich betheiligt fanden. Die elastischen Kräfte der Lunge sind beständig bestrebt, diese zu verkleinern und auf ihr natürliches Lumen zurückzuführen. Alles was in ihrer Nähe frei beweglich ist, wird dadurch angezogen, elastische Hohlräume z. B. das Herz und die Gefässe ausgedehnt. Bei der Erweiterung des Thorax durch die Einathmung wird die Lunge noch weiter ausgedehnt, der negative Druck im Brustraum also noch weiter verstärkt. Die Blutgefässe der Brust werden dadurch noch etwas stärker ausgedehnt. Daher kommt es, dass der Blutdruck in den Gefässen bei der Inspiration abnimmt. Sowie die Muskelkraft der Einathmung nachlässt, welche die Ausdehnung des Brustkorbes bewirkte, kommt die Elasticität des Lungengewebes zur Wirkung und zieht den Thorax, der nun seinerseits sich auch nicht von der Lungenoberfläche loslösen kann, wieder in seine Ruhestellung zurück.

Bei gehemmter Athmung tritt auch bei der Exspiration Muskelwirkung auf. Exspirationsmuskeln sind vor allem die Bauchmuskeln, welche die Rippen nach abwärts ziehen und durch den gleichzeitig auf die Eingeweide ausgeübten Druck das Zwerchfell nach aufwärts drängen. Der Quadratus lumborum und der Serratus posticus inferior jederseits können sich an dem Herabziehen der Rippen betheiligen, das nach demselben Principe den Brustraum verengert, wie ihn das Hinaufziehen vergrösserte.

Die Erweiterung und Wiederverengerung des Thorax ist bei ruhigem Athmen nicht bedeutend. Es kann durch das stärkste Einathmen weit mehr als gewöhnlich Luft aufgenommen, durch die tiefste Ausathmung weit mehr ausgetrieben werden. Die Menge Luft, welche nach der stärksten Inspiration ausgeathmet werden kann, nennt man Vital-Capacität der Lunge welche HUTCHINSON für den Erwachsenen etwazu 3772 Cub. Cent. bestimmte. Auch nach der tiefsten Exspirtion ist noch ziemlich viel Luft in der Lunge enthalten. Diese »rückständige Luft« beträgt zwischen 1200—1600 Cub. Cent. Nach einer gewöhnlichen, seichteren Ausathmung bleiben noch etwa 3000 Cub. Cent. zurück (2500—3400). Der Ueberschuss über die erstere Menge wird als Reserveluft benannt. Die Menge der durch einen gewöhnlichen, ruhigen Athemzug ein- und ausgeathmeten Luft, die Respirationsluft beträgt etwa 500 Cub. Cent. Was bei tiefster Inspiration mehr aufgenommen wird, heisst Complementärluft. Es wechseln diese Grössen bedeutend bei verschiedenen Individuen und Körperzuständen namentlich mit Ruhe und Bewegung. Aus den angeführten Zahlen ergiebt sich, dass bei einer gewöhnlichen Athmung kaum mehr als $^1/_6$ der in der Lunge enthaltenen Luft erneuert wird. (Fig. 103).

Fig. 103.



Nach HUTCHINSON. Die verschiedenen beim Athmen unterschiedenen Luftvolumina *a b* rückständige Luft, die nach möglichst tiefem Ausathmen noch in der Lunge verbleibt. *b c* Reserveluft, *c d* Respirationsluft. *d e* Complementärluft. *b e* Vitale Capacität oder Athmungsgrösse.

Durch die Athmung findet eine sehr innige Mischung der Luft mit dem neuen Antheil bis zu den sich auch erweiternden und dabei Luft einsaugenden Alveolen statt. Letztere werden sich freilich zunächst nur aus der in den feineren Bronchien enthaltenen Luft füllen können, sodass die Erneuerung ihres Inhaltes nicht so gründlich sein kann als in den anderen Schichten der Lunge. Ihre Luft muss daher stets den grössten Kohlensäuregehalt haben und die direct an den Lungenbläschenwandungen anliegende Luftschicht kann sich in ihrer Kohlensäurespannung nicht von dem Blute selbst unterscheiden.

Die Vitalcapacität wird durch Athmen in eine in Wasser getauchte und mit Wasser gefüllte Glocke: Spirometer, welche das Messen des ausgeathmeten Luftvolums erlaubt, bestimmt. Damit das Gewicht der Glocke das Ausathmen nicht behindert, ist dieses durch daran gehängte Gewichte möglichst äquilibrirt. In der ärztlichen Praxis hat dieses Instrument wenig Anwendung gefunden, da es einige Uebung im Athmen voraussetzt, um richtige Zahlen zu geben. Die Ausdehnung des Brustraumes bei jedem Athemzug wird durch Thoracometer gemessen, unter denen ein gewöhnliches Centimeterbandmaass, das man um die Brust legt, und mit dem man während der Athmung ihren Excursionen folgt, das einfachste und zweckmässigste scheint.

Das Einströmen der Luft bringt in den Athemorganen einige Geräusche: Athemgeräusche hervor, deren Veränderung durch krankhafte Zustände für den Arzt von Wichtigkeit werden. Man hört sie, wenn man das Ohr auf die Brust auflegt. In den starren, weiteren Hohlräumen: der Luftröhre, den

grossen Luftröhrenästen, ist das Geräusch einfach hauchend; in den feineren Bronchien mehr »schlürfend«, zischend. Man nennt dieses letztere, *w* oder *f* ähnliche Geräusch vesiculäres Athmen, das erstere, *h* ähnliche bronchiales Athmen. Das vesiculäre Athmen zeigt sich normal nur deutlich bei Kindern, bei denen auch die Ausathmung ein deutliches Geräusch verursacht. Bei gesunden Erwachsenen sind die Geräusche undeutlich, bei der Exspiration meist gar nicht vernehmbar. Durch verstärkte In- oder Exspirationen unter dem Einfluss von Gemüthsbewegungen oder Leidenschaften, hören wir auch bei Erwachsenen laut hörbare Geräusche, die in dem Rachen, der Stimmritze und der Luftröhre entstehen: Seufzen, Gähnen, Schluchzen, Lachen.

Die Frequenz der Athemzüge.

Die Zahl der Athemzüge in der Minute ist nach verschiedenen Umständen sehr schwankend. Schon bei geringen Muskelanstrengungen z. B. sehen wir den Athemrhythmus sich beschleunigen und zwar noch früher als die Frequenz der Herzschläge, die wir unter demselben Einfluss zunehmen sahen. Schon allein dadurch, dass wir unsere Aufmerksamkeit auf die Athembewegungen richten, verändern wir ihren gewöhnlichen Rhythmus. Wenn wir bei irgend Jemandem die Athemzüge zählen wollen, so müssen wir das, um sichere Resultate zu erhalten, ohne sein Vorwissen thuen. HUTCHINSON zählte bei beinahe 2000 Personen ohne ihr Vorwissen die Athemzüge und es stellte sich heraus, dass die grösste Mehrzahl zwischen 16 und 24 Mal in der Minute athmeten, dabei kamen 20 Athemzüge in der Minute weitaus am häufigsten vor (von 1731 athmeten 521 20 Mal in der Minute). Die unterste Zahl für die Athemfrequenz Gesunder war 9, die oberste 40, diese höchsten und niedrigsten Zahlen sind beide gleich selten. Während eines Athemzuges macht im Durchschnitt das Herz vier Contractionen. Wie die Zahl der Herzcontractionen so sinkt auch die Frequenz der Athembewegungen von der Geburt bis zum kräftigsten Mannesalter, um von da wieder etwas zuzunehmen.

Die Zählungen von QUETELET ergaben:

	mittlere Frequenz der Athmungen: in der Minute
Neugebornes Kind	44
5 Jahre alt	26
15—20 ,, ...	20
20—25 ,, ...	18,7
25—30 ,, ...	16
30—50 ,, ...	18,1

In Krankheiten kann die Zahl der Athemzüge bedeutend sinken oder noch viel häufiger steigen. Alles was die Verbrennungen im Organismus steigert: Fieber, Entzündung etc. steigern auch die Athemfrequenz; eine im Allgemeinen gesteigerte Körpertemperatur bringt eine gesteigerte Athemfrequenz hervor. Puls- und Athemfrequenz steigern sich dabei ziemlich gleichmässig. Wir finden alle Momente, welche die Herzaction verändern, auch bei der Athemfrequenz

wirksam. Verdauung, Gemüthsbewegung, Schwächezustände vermehren sie. Das weibliche Geschlecht zeigt meist eine grössere Athemfrequenz.

Wir können die für gewöhnlich unwillkürlich vor sich gehenden Athembewegungen auch willkürlich anregen, in ihrem Rhythmus und Tiefe verändern, für kurze Zeit auch ganz unterbrechen. Doch zwingt nach einer solchen Unterbrechung uns sehr bald die »Athemnoth« zu unwillkürlichen, verstärkten und beschleunigten Athembewegungen. Das von dem Willen aus, aber auch reflectorisch und wie es wenigstens scheint, auch automatisch erregbare nervöse Centrum dieser complicirten Bewegungen, welche zu einer Erweiterung oder Verengerung des Brustraumes und der Lungen führen, ist in dem verlänten Marke gelegen und zwar an einer ganz umschriebenen, kleinen Stelle desselben an der Ursprungsstelle des Vagus und Accessorius. Die Jäger kannten schon diese Stelle, an welcher dem angeschossenen Thiere der Hirschfänger eingestossen wird, was das Athmen und mit diesem das Leben sofort vernichtet. Die Franzosen nennen daher dieses Athemcentrum: Noeud vital (Flourens). Von ihm aus werden die Athemnerven in Action versetzt, um dann ihrerseits die Athemmusculatur zur Thätigkeit anzuregen. Ununterbrochen pflanzt sich von dieser Stelle aus ein regulirender Antrieb auf die Athembewegungen fort. Das Experiment beweist, dass diese Regulirung in einer bestimmten Abhängigkeit von dem Vagus steht. Es müssen von dem Verbreitungsbezirke des Vagus in den Eingeweiden (Lungen) Anregungen zu dem Noeud vital gelangen, die eine raschere Erregungsfolge der Athemnerven hervorrufen. Es wird dies daraus bewiesen, dass nach Durchschneidung des Vagus am Halse die Athemfrequenz sehr bedeutend sinkt. Traube fand, dass nach der Durchschneidung die elektrische Reizung des centralen Vagusendes die Athemfrequenz wieder beschleunigt und schliesslich durch Verstärkung der Reizung sogar eine krampfhafte Einathmung hervorrufen kann.

Die Athembewegungen werden während der Verlangsamung nach der Vagusdurchschneidung entsprechend tiefer, sodass keine Verminderung der in einer gegebenen grösseren Zeit ein- und ausgeathmeten Gasmengen eintritt. J. Rosenthal fand neben dieser letzten Beobachtung noch weiter, dass Hand in Hand mit diesem zur Inspiration reizenden Erregungszustand, der im Vagus verläuft, dem Noeud vital auch noch von den sensiblen Nerven des Kehlkopfes, vom Nervus laryngeus superior, eine entgegengesetzte Erregung zugeleitet werden kann. Wird der genannte Nerve durchschnitten und sein centraler Stumpf elektrisch gereizt, so verlangsamt sich die Athemfrequenz, endlich bleibt das Zwerchfell erschlafft stehen, die Athembewegungen sistiren ganz, bei der stärksten Reizung treten sogar die Ausathemmuskeln in Thätigkeit. Der dem verlängerten Marke — centripetal — zugeleitete Erregungszustand des Vagus regt also zur Inspiration an, die in dem Laryngeus superior verlaufenden Nervenfasern können dagegen reflectorisch von der Schleimhaut aus das Athemcentrum zur Einleitung von Exspirationsbewegungen veranlassen. Da also der Laryngeus die activen Bewegungen der Inspiration verhindert und wenigstens primär die Athembewegungen verlangsamt und ganz unterbricht, so kann man ihn als einen Hemmungsnerven für das Athemcentrum ansprechen, ähnlich wie wir den Vagusstamm als Hemmungsnerven für die nervösen Herzcentralorgane kennen gelernt haben. Durch stärkere Reizung sehen wir freilich

was bei anderen Hemmungsnerven nicht der Fall ist, eine Reihe neuer Bewegungen (Exspirationsbewegungen) auftreten. Exspirationsbewegungen scheinen unwillkürlich, reflectorisch auch auf Reize der sensiblen Hautnerven eintreten zu können, wenigstens sind mit dem »Schauern« vor Kälte krampfhafte, geräuschvolle Exspirationsbewegungen verbunden, dagegen erregt das Erschrecken durch Anspritzen mit kaltem Wasser offenbar Inspirationen. Die erste Athembewegung des Neugeborenen wollte man früher allein vom Kältereiz der von der Haut aus auf das Athemcentrum reflectirt würde, ableiten. Sicher wirkt dabei der durch die Unterbrechung der Placentarathmung eintretende Veränderung in dem Blute mit, welcher auf das Athemcentrum erregend wirkt.

Die Athmung kann bei Kaninchen ganz unterdrückt werden, wenn man das Blut mit Sauerstoff z. B. durch künstliches Einblasen desselben in die Lungen fortwährend gesättigt erhält. J. Rosenthal nennt diesen von ihm entdeckten Zustand des Organismus, in welchem letzterer aus Ueberfluss an Sauerstoff nicht athmet und zur Erhaltung seiner Verbrennungen nicht zu athmen braucht: Apnoe zum Unterschied von der Athemnoth Dyspnoe, welche in Folge von Sauerstoffmangel im Blute eintritt und mit den beschriebenen starken, krampfhaften Athembewegungen und allgemeinen Muskelkrämpfen einhergeht. Die vermehrte Anwesenheit der Kohlensäure im Blute lähmt endlich das Centrum der Athembewegungen, sodass es gar keiner Actionen mehr fähig ist. Ebenso lähmt die Kohlensäure auch die übrigen Ganglienapparate des Gehirnes und Rückenmarks.

Die Bewegungen der Lunge.

Die Athembewegungen der Lungen können dem Auge dadurch sichtbar gemacht werden, dass man in einiger Ausdehnung die Brustwand bei lebenden Thieren abträgt bis auf das Rippenfell, die Pleura costalis. Man sieht dann durch diese durchscheinende Membran die Lungen sich verschieben. Die Verschiebung findet vor allem von oben nach unten statt, wenn das Zwerchfell sich abplattet und von der Brustwand loslöst. Die Erweiterung des Thorax nach der Seite und nach vorne zwingt die Lungen, sich auch von vorne nach hinten zu verschieben. Bei jeder starken Einathmung schieben sich, wie schon bei der Besprechung des Herzstosses angeführt wurde, die vorderen Lungenränder zwischen Herzbeutel und Pleura ein, sodass das Herz, welches bei einer tiefen Ausathmung in ziemlicher Ausdehnung der Brustwand anliegt, nun von dieser durch die sich vorschiebenden Lungenränder getrennt wird. Bei dem Menschen kommen sehr häufig krankhafte Verwachsungen der beiden Pleuraplatten vor, dadurch wird die Verschiebung der Lungen an der Brustwand, wenigstens an den Stellen der Verwachsung, gehindert, gleichzeitig aber auch die Ausdehnung der Brust nach der Richtung, welche die Verschiebung der Lunge fordern würde, unmöglich gemacht. Durch derartige ausgedehntere Verwachsungen, wie sie in Folge von Entzündungsprocessen der Pleura bei Lungenkrankheiten eintreten, nimmt daher die vitale Capacität der Lungen bedeutend ab.

Für den Arzt sind noch einige Veränderungen des mechanischen Athem-

vorganges von Wichtigkeit: Niessen und Husten. Beides sind reflectorische Vorgänge, bei beiden folgt auf eine tiefe Inspiration eine oder mehrere kräftige, plötzliche Exspirationsstösse. Bei dem Husten folgt vor der Exspirationsstössen noch ein krampfhaftes Verschliessen der Stimmritze, welcher Verschluss durch die heftigen Ausathemstösse für kurze Zeit unterbrochen wird. In diesem Fall wird der Brustraum so weit zusammengepresst, dass der negative Druck in ihm in einen positiven verwandelt werden kann. Es tritt dann eine venöse Stauung ein, die sich besonders am Kopfe sichtbar macht: Blauhusten etc.

Der Husten entsteht reflectorisch durch Reizung der Luftwege, kann aber auch willkürlich zur Entfernung von Schleim etc. aus diesen hervorgerufen werden. Das Niessen entsteht sogar nur reflectorisch durch sensible Reize der Nasenschleimhaut. Bei einigen reizbaren Individuen entsteht es auch durch Blicken in grelles Licht z. B. in die Sonne. (cfr. Reflexe bei Rückenmark und Gehirn.)

Beim Schneuzen wird willkürlich ein kräftiger Luftstrom durch die Nase, bei dem Reuspern durch den Kehlkopf in den Mund getrieben um an den betreffenden Höhlen vorhandene Substanzen (Schleim etc.) zu entfernen. Das Schnarchen und Röcheln besteht in Erzitterungen des erschlafften weichen Gaumens durch den Athemluftstrom.

Vierzehntes Capitel.

Die Athmung.

Die Chemie des Gaswechsels.

Historische Bemerkungen.

Es hat unter den physiologischen Vorgängen im menschlichen Organismus Nichts so früh das Augenmerk der Denker auf sich gezogen als der Vorgang des Athmens. Wie bald man angefangen über diesen Vorgang zu philosophiren, beweisen die Benennungen der Seele als πνεῦμα und Anima: schon in der ersten Bildungsperiode der Sprachen hatte man den Werth des ein- und ausströmenden Hauches als die eigentliche Quelle des thierischen Lebens erkannt.

Eine spätere philosophische Zeit musste der beständige Wechselverkehr der lebenden Organismen mit der Athmosphäre, die ihr der Sitz der höchsten Kräfte war, auf den Gedanken bringen, dass dieser Vorgang das Verbindungsglied sei der unteren mit oberen Wesen, und da man beobachtete, dass alle höheren Entwickelungen der psychischen Eigenschaften nur bei athmenden Wesen in Erscheinung treten, so ist es nicht sehr verwunderlich, wenn die Lehre der Pythagoräer nicht nur das Lebensprincip als solches in den Aether verlegt, von dem aus es sich den athmenden Thieren in beständiger Erneuerung mittheilt, sondern auch diesem Aether eine erkennende Kraft gleich der der Seele selbst zuschreibt.

Plato (Tim.) ahnte in etwas den wahren Vorgang der Respiration und seine freilich ziemlich undeutlichen Aussprüche mahnen den Leser an Anschauungen unserer Tage.

Doch müssen wir es auch in dieser Frage, wie in jeder, die sich auf exacte Naturbeobachtung bezieht, dem Altmeister der Forschung im Gebiete der Natur: Aristoteles zuerkennen, dass er es war, der die richtigen Anschauungen, soweit es seiner Zeit möglich, gewonnen und in strenger Form dargestellt hat. Er lehrt, dass allein durch das Athmen das Leben der beseelten Wesen bestehe. Beim Athmen dringe der Lufthauch (τὸ πνεῦμα) aus den Lungen in das Herz, zu welchem Zwecke er besondere Canäle annahm, und vertheilt sich von dort aus in dem ganzen Körper. Auf einem ganz anderen Weg als Jahrtausende nach ihm unsere neue Wissenschaft fand er in dem Athemprocess den Quell der thierischen Wärme.

Der Weg, der ihn leitete, war der der vergleichenden Anatomie. Er lehrt in seinem Buche über die Arten der Thiere, dass die Lebenswärme der Thiere um so höher sich steigere, je vollkommener die Lungen gebildet seien, und zieht daraus den Schluss: dass durch das Vorhandensein der Lunge, des Respirationsorganes, die Lebenswärme begründet werde.

Nachdem wir Aristoteles bis zu dieser Höhe der Anschauung gelangt sehen, begegnen wir in der folgenden Zeit bis zum Ende des Mittelalters einem eigentlich wesentlichen Fortschritt in der Theorie des Athmens nicht mehr.

Galen und Plinius, die Lehrer des Mittelalters, schliessen sich eng an Aristoteles an.

Ein weiterer Fortschritt in der Lehre von der Athmung knüpfte sich erst an die ewig denkwürdige Entdeckung des Kreislaufes (1619), durch welche es nachgewiesen wurde, dass beständig ein Theil des Blutes durch die Lungen ströme, um von dort aus neu belebt durch die Arterien nach allen Theilen getrieben zu werden. Damit war der directe Wechselverkehr des Blutes mit der Luft erwiesen.

Die Chemie war zu jener Zeit noch nicht entwickelt genug, um eine andere als eine rein mechanische Anschauung von dem Vorgange der Athmung aufkommen zu lassen. Das Blut bekommt ein gewisses Lebensprincip aus der Atmosphäre mitgetheilt und leitet es als Träger desselben allen Körpertheilen zu, die das räthselhafte Agens aus dem Blute an sich ziehen. Das Blut ersetzt den durch diese Abgabe eintretenden Verlust, indem es in den Lungen von neuem mit der Luft in Beziehung tritt.

Am 1. August 1774 beginnt mit der Entdeckung des Sauerstoffes die neue Aera der Naturforschung; von diesem Tage der Entdeckung durch Priestley datirt ein vollkommener Umschwung der Ansichten über die Vorgänge der Natur.

Ein Jahr später fand Lavoisier den Stickstoff und mit ihm die Zusammensetzung der Luft. Die Kohlensäure hatte schon über ein Jahrhundert vorher Baptist Helmont aufgefunden, ebenso den Wassersoff.

Die Theorie der Verbrennung ist es, auf welche Lavoisier sein neues System der Chemie aufbaute und auf diese Weise aus einer Sammlung von Recepten eine Wissenschaft erschuf.

Schon 4 Jahre vor der Entdeckung des Sauerstoffs hatte Priestley die Ausscheidung der Kohlensäure durch den Organismus im Athemprocesse gefunden, die Wasserausscheidung war schon seit den ältesten Zeiten aufgefallen. Es war natürlich, diese beiden Vorgänge, Kohlensäure und Wasserbildung, die sich in derselben Weise bei der Verbrennung aller organischen Körper fanden, auch bei der Athmung auf eine Oxydation zurückzuführen.

Lavoisier's chemische Theorie, die mit der von Laplace und Prout übereinstimmt, lehrt, dass das Blut in den Lungenzellen fortwährend eine Flüssigkeit absondere, die vorzüglich aus Kohlenstoff und Wasserstoff besteht. Diese vereinigt sich mit dem Sauerstoff der Luft zu Kohlensäure und Wasser und wird in dieser neuen Stoffanordnung beim Athmen entfernt. Der Herd der Oxydation wird nach dieser Ansicht in die Lungen ausserhalb des Blutes verlegt. Die Thatsache aber, dass die Lungen im Allgemeinen keineswegs wärmer sind als die anderen Theile des Körpers schien schon a priori gegen eine solche

Annahme zu sprechen, auch konnte die genannte hypothetische Flüssigkeit in den Lungen nicht aufgefunden werden.

Humphry Davy liess mit Umgehung dieser Flüssigkeit durch die Wände der Lungenzellen die Luft in die Capillargefässe eindringen. Die nun im Blute aufgelöste Luft wirkt wegen Verwandtschaft des Sauerstoffs zu den Blutkörperchen auf diese zersetzend ein und es wird Kohlensäure frei. Er setzte den Wärme- und Kohlensäurebildungsprocess in das Blut der Lungen und konnte dafür die Untersuchungen F. Davy's anführen, der das arterielle Blut 1—1 $^1/_2$ ° Fahrenheit wärmer gefunden zu haben glaubte als das venöse.

An diese Theorien schliessen sich die Theorien von Mitscherlich, Gmelin und Tiedemann an. Sie gehen von der Existenz der Essigsäure oder Milchsäure im freien oder gebundenen Zustand in den meisten Secreten und im Blute aus, von dem sie glaubten, dass sie durch die Einwirkung des Sauerstoffs bei der Athmung aus höher zusammengesetzten Stoffen entstehen. Sie hatten ausgemittelt, dass das venöse Blut mehr an Alkali gebundene Kohlensäure enthalte als das arterielle und behaupteten nun, dass die bei dem Athmen gebildete organische Säure das kohlensaure Alkali des venösen Blutes zersetze, worauf die Kohlensäure ausgeathmet würde. Doch gehen sie nicht so weit die Bildung von Kohlensäure und Wasser durch directe Oxydation ganz zu leugnen.

Es zeugt von dem kritischen Geist Magendie's, dass er sich für keine Athemtheorie fest ausspricht. Er lässt es dahin gestellt, ob der Sauerstoff dazu diene, in den Lungen einen Theil des Kohlenstoffs des Blutes zu oxydiren, oder ob er in das Blut übergehe und so fortgeführt erst während des grossen Kreislaufes seine oxydirenden Wirkungen entfalte. Ja es scheint ihm noch nicht einmal ausgemacht, dass die Wirkung des Sauerstoffs in einer Oxydation bestehe und dass die Kohlensäureausscheidung diesem Vorgang ihre Entstehung verdanke; doch neigte er sich dieser Annahme desswegen zu, weil er nach F. Davy an die höhere Temperatur des arteriellen Blutes glaubte. Gegen die Annahme Lavoisier's, dass die Wasserausscheidung durch die Lungen einer Verbrennung von Wasserstoff ihre Entstehung verdanke, spricht er sich verneinend aus, da er einen genügenden Erklärungsgrund dafür in der Wasserabdunstung aus den Gefässen findet, die er durch directe Versuche erwiesen.

Magendie bildet den Uebergang zu einer im Gegensatz zu den rein chemischen Theorien sogenannten *physikalischen Theorie* als deren Hauptvertreter Magnus genannt werden muss.

Das Augenmerk einer Anzahl bedeutender Forscher in dem Gebiete der Physiologie war schon seit Beginn der neuen Anschauungen über den Process der Athmung darauf gerichtet gewesen, zu entscheiden, ob das Blut nicht vielleicht die Gase, die es in den Lungen abgiebt, schon vor seinem Eintritt in letzteres Organ besässe.

Vogel, Brand, Collard de Martigny haben nachgewiesen, dass das Venenblut wirklich Kohlensäure enthalte, H. Davy dass sich aus dem arteriellen Blut Sauerstoff entwickeln lasse. Hoffmann, Bischoff, Bertuch bestätigten den Kohlensäuregehalt des Venenblutes, als widersprechende Versuche ihn wieder zweifelhaft gemacht hatten. Doch sind es hauptsächlich die Arbeiten von Magnus über den Luftgehalt beider Blutarten, welche die Frage zur endlichen Entscheidung brachten. Er wies nach, dass aus dem venösen wie arteriellen

Blute Sauerstoff, Kohlensäure und Stickstoff erhalten werden könne und dass beide Blutarten in ihrem Luftgehalt qualitativ nicht differirten. Die entscheidende Entdeckung war jedoch die, dass nach seinen Experimenten im venösen Blut der Sauerstoff höchstens $^1/_4$ der gefundenen Kohlensäure beträgt, in dem arteriellen Blute hingegen fast $^1/_2$. Auf diese Entdeckung baute er seine mechanische Respirationstheorie. Nach ihr tritt in den Lungen keine Kohlensäure aus als solche, die schon fertig mit dem Venenblut zugeführt wurde. Der Sauerstoff löst sich in dem Blute auf, ohne sogleich darin eine chemische Rolle zu spielen. Der Respirationsprocess in den Lungen ist danach nur ein physikalischer Gasaustausch nach den Gesetzen der Diffusion. Die Oxydationsvorgänge finden erst im Capillargefässsysteme des grossen Kreislaufes statt, wo das sauerstoffreiche arterielle Blut mit den verbrennlichen Stoffen der Gewebsflüssigkeiten zusammentrifft.

Theorie der Athmung.

Die Grundlagen der heutigen Anschauung über den Athemprocess hatten wir schon bei der Betrachtung der Verschiedenheiten des arteriellen und venösen Blutes zu besprechen; wir erinnern uns, dass ein Theil der Blutgase im Blute noch den Gesetzen der Gasdiffusion folgt, also nur mechanisch mit dem Blute gemischt ist, während ein anderer Theil durch chemische Kräfte im Blute gebunden wird. Der Stickstoff im Blute ist nur absorbirt, ebenso der bei weitem grösste Theil der Kohlensäure. Diese Gase folgen also dem Dalton'schen Gesetze. Der im Blute gelöste Kohlensäureantheil raucht an der Luft ab, sowie sie mit dieser, in der für gewöhnlich ein so ungemein geringerer Kohlensäuredruck besteht, in offnere Beziehung tritt. Ist aber der Kohlensäuredruck in der Atmosphäre höher als im Blute, so kann an Stelle der Abgabe von Kohlensäure eine Aufnahme derselben in das Blut treten. Die Abgabe der Kohlensäure folgt jedoch nicht vollkommen dem Gesetze der Diffusion. Ein Theil ist in einer lockeren chemischen Verbindung mit dem phosphorsauren Natron des Blutserum's, ein letzter Theil ist fester chemisch gebunden, sodass er nur nach Zusatz von Säuren zum Blute ausgetrieben werden kann.

Der Sauerstoff wird nicht nach dem allgemeinen Gasdiffusionsgesetze in das Blut aufgenommen, die Aufnahme bleibt sich unter sonst gleichbleibenden körperlichen Verhältnissen gleich, wenn auch in reinem Sauerstoff oder in sauerstoffärmerer Luft als der atmosphärischen geathmet wird. Der Grund dafür ist in gewissen Ernährungsverhältnissen (Pettenkofer u. Voit) vor allem aber in der Anwesenheit der Blutkörperchen im Blute zu suchen, die den Sauerstoff in sich einsaugen. Die Blutkörperchen haben dabei auch noch eine eigenthümliche Wirkung, indem sie bei der Ausscheidung der Kohlensäure und zwar des chemisch gebundenen Theiles mitwirken. Untersucht man Blutserum, so findet sich in ihm im Verhältniss eine weit grössere Menge gebundener Kohlensäure als im Gesammtblute. Setzt man nun aber blutkörperchenhaltiges Blut zu, so verliert das Serum einen grossen Theil seiner gebundenen Kohlensäure. Schoeffer, dem wir diese Beobachtung verdanken, glaubt an die Bildung einer Säure in den (absterbenden?) Blutkörperchen als Erklärung dafür.

Die Abgabe des Wasserdampfes in den Athemorganen folgt ganz dem Verdunstungsgesetze: die ausgeathmete Luft ist mit Wasserdampf gesättigt.

Magnus u. A. hatten angenommen, dass der Sauerstoff im Blute selbst keine Oxydationen vornehme, dass das arterielle Blut als ein Sauerstoffstrom den Organismus durchströme, um in den Geweben angelangt die dort befindlichen Stoffe zu verbrennen und dafür die gasförmigen Oxydationsproducte, Kohlensäure und Wasser in sich aufzunehmen. Die neuere Physiologie glaubt, dass auch im Blute der Sauerstoff nicht unwirksam ist, dass dort ebenso Verbrennungen vor sich gehen wie in den Geweben und zwar nach Massgabe der Zellenthätigkeit, die auch in ihm stattfindet. Nach der Annahme C. Voit's finden die Oxydationen und Stoffzersetzungen im lebenden Organismus dann statt, wenn die zersetzbare Flüssigkeit die Zellenmembran durchwandert und dadurch in dem höchsten Grade der mechanischen Zertheilung sich befindet. Da Zellen in dem Blute sind, die in endosmotischem Verkehre mit seiner Flüssigkeit stehen, werden in ihm auch Oxydationen und Zersetzungen stattfinden. In den Geweben gehen nach Massgabe ihrer Thätigkeit die Verbrennungen vor sich, welche Kohlensäure in das Blut der Capillaren einströmen lassen. Offenbar geht Sauerstoff aus dem Blute in die Gewebe selbst über, die einen bestimmten Vorrath davon in sich aufspeichern können, von dem sie noch zehren, auch wenn sie kein sauerstoffhaltiges Blut mehr umspült. Wir werden bei der Besprechung der Muskelthätigkeit auf die wichtigen Versuche von Georg v. Liebig u. A. zu sprechen kommen, welche beweisen, dass der Froschmuskel noch Kohlensäure bildet, wenn auch kein Sauerstoff mehr mit ihm in Berührung kommt. Pettenkofer und Voit haben eine solche Sauerstoffaufspeicherung im Körper besonders während der Nachtruhe direct beobachtet.

So stellt sich also die Theorie der Athmung in Berücksichtigung der wichtigsten Athemstoffe nun folgendermassen:

1. Die in die Lungenluft während der Athmung abgegebenen Gase werden nicht erst in der Lunge gebildet, sondern finden sich schon im Blute vor, aus dem sie an die Lungenluft abgegeben werden.

2. Die Kohlensäure entsteht durch Verbrennung kohlestoffhaltiger Körperbestandtheile und zwar zum kleinsten Theil im Blute selbst zum grösseren in den Geweben, aus denen sie in das Blut übertritt. Das Wassergas, welches in der Lungenluft sich befindet, stammt zum kleineren Theil aus Verbrennung wasserstoffhaltiger Blut- und Gewebsstoffe, zum grössten Theile aus dem durch die Nahrung in die Säftemasse des Körpers gelangten, an der Lunge verdunstenden Wasser.

3. Die Kohlensäure findet sich im Blute in drei verschiedenen Weisen gelöst
   1) einfach absorbirt;
   2) leicht chemisch (an phosphorsaures Natron) gebunden. Beide Quantitäten sind aus dem Blute durch Gasdruckunterschiede auszupumpen;
   3) nur durch Säuren und Blutkörperchen austreibbar.

4. Alle diese drei Portionen der Kohlensäure des Blutes werden in der Lunge ausgetrieben. Die erste raucht aus dem Blute nach dem Dalton'schen Gesetze ab; auch die locker gebundene Kohlensäure entweicht aus dem Blute bei dem verschwindenden Kohlensäuredruck der Atmosphäre in welcher sich die Kohlensäure fast so wie im luftleeren Raume verhält. Die dritte Portion sehen wir

durch die Mitwirkung der Blutkörperchen, vielleicht auch einer im Lungengewebe oder aus den Blutkörperchen (SCHOEFFER) sich bildenden und dem Blute sich beimischenden Säure ausgetrieben.

5. Die Wasserabgabe geht nach den Gesetzen der Verdunstung.

6. Die Aufnahme des Sauerstoffs in das Blutserum erfolgt nach den Gesetzen der Diffusion. Das Gesammtblut nimmt dagegen weit mehr Sauerstoff auf, als es diffundirt enthalten kann: Der Sauerstoff wird im Blute durch die Blutkörperchen gebunden und ozonisirt.

7. Die Gewebe entziehen dem Blute den (ozonisirten) Sauerstoff und häufen ihn theilweise in sich an, sodass sie einen inneren Sauerstoffvorrath enthalten, den sie bei ihren Oxydationen verwenden (PETTENKOFER und VOIT).

8. Der Stickstoffgehalt der Atmosphäre wird nur seinem Druck entsprechend in die Blut- und Gewebsflüssigkeiten aufgenommen. In der Athmung wird kein Stickstoff ausgeschieden. Der den zersetzten stickstoffhaltigen Körperstoffen entstammende Stickstoff geht in chemischer Verbindung mit Kohlestoff, Wasserstoff und Sauerstoff als Harnstoff, Harnsäure, Kreatinin etc. etc. im Harne weg (VOIT, J. RANKE, HAMEBERG).

Quantitative Verhältnisse der Kohlensäureabgabe.

Im normalen Respirationsprocesse wird der eingeathmeten Luft Sauerstoff entzogen, dafür aber Kohlensäure zugeführt. VIERORDT fand dass die Kohlensäuremenge in der ausgeathmeten Luft, im Mittel über 4 % beträgt. Der Kohlensäuregehalt derselben schwankt nach ihm bei ruhigem Athmen zwischen 3,4 und 6,2 pCt., während die atmosphärische Luft nur etwa 0,0004 V. pCt. Kohlensäure enthält.

Die in den Lungen selbst enthaltene Luft ist mit der ausgeathmeten Luft nicht identisch, sie ist in verschiedenen Schichten verschieden zusammengesetzt. An den Lungenbläschenwänden ist sie nach den Gesetzen der Diffusion reicher an Kohlensäure als in den weiter von den Capillaren, der Quelle der Kohlensäure abgelegenen Lungenräumen. Nur durch Zurückhalten der inspirirten Luft in der Lunge so lange, bis sich der Druck zwischen der Kohlensäure des Blutes und der gesammten Lungenluft ausgeglichen hat, kann man die Zusammensetzung der Alveolenluft und damit auch die Kohlensäurespannung im Blute experimentell finden, wenn man die dann exspirirte Luft der chemischen Analyse unterwirft. BECHER fand ziemlich bedeutende Schwankungen der Luftzusammensetzung unter den besprochenen Versuchsbedingungen. Der procentische Gehalt an Kohlensäure stieg bis auf 8,5 % nach der Aufnahme von Nahrung, nüchtern fand er nur 5,9 %. Diese Betrachtungen geben uns wichtige Fingerzeige dafür, dass wir uns die Diffusionsbedingungen in den Lungen nicht so vorstellen dürfen, als träte das Blut direct mit der Luft von der Zusammensetzung der atmosphärischen in Gasverkehr. Die Luft, an welche die Blutkohlensäure direct abgegeben wird, enthält stets eine sehr viel bedeutendere Menge von Kohlensäure als die Luft der Atmosphäre.

Da die Kohlensäureabgabe in den Lungen zum überwiegenden Theile ein physikalischer, nach den Gesetzen der Gasdiffusion erfolgender Vorgang ist, so muss sie bis zu einem gewissen Grad mit den Schwankungen in dem Kohlen-

säuredruck (Kohlensäuregehalt) der Lungenluft ebenfalls schwanken, da ja nach einem allgemein gültigen Gesetz in der Zeiteinheit um so mehr Gas abgegeben werden kann, je grösser die Differenz in der Kohlensäurespannung zwischen dem Blute und der Lungenluft ist. Eine der Ursachen, durch welche die Kohlensäurespannung in der Lungenluft schwankt, ist die geringere oder stärkere Ventilation der Lungen. Letztere steigt mit der Zahl und vor allem der Tiefe der Athemzüge. Flache und häufige Athemzüge, welche nicht tief sondern nur oberflächlich ventiliren, vermindern die absolute Menge der abgegebenen Kohlensäure. Besonders Vierordt, in letzter Zeit Lossen unter der Leitung von C. Voit haben die Abhängigkeit der Kohlensäureabgabe von diesem physikalischen Momente nachgewiesen. Je mehr Luft mit jedem Athemzuge eingeathmet wird, je tiefer also die Ventilation der Lunge ist, desto mehr tritt absolut Kohlensäure aus. Procentisch sinkt der Kohlensäuregehalt der Athemluft dagegen mit dem grösseren Luftwechsel.

Auch dadurch kann eine absolute Steigerung der Kohlensäureabgabe erzielt werden, wenn man den an sich schon sehr geringen Kohlensäuredruck der Luft in der geathmet wird, noch weiter erniedrigt, wie es z. B. der Fall ist, wenn wir in einer sonst normalen aber verdünnten Luft athmen.

Dagegen wird die Kohlensäureabgabe immer geringer, ja selbst ganz unterdrückt und endlich in eine Kohlensäureaufnahme verwandelt wenn der Kohlensäuregehalt der eingeathmeten Luft steigt und zuletzt den des Blutes übertrifft. W. Müller zeigte, dass dann Vergiftungserscheinungen durch Kohlensäure auftreten, wenn ein Thier (Kaninchen) ein Volum Kohlensäure aufgenommen hat, welches die Hälfte seines Körpervolumens beträgt.

Diese Abhängigkeit der Kohlensäureabgabe von der Stärke und Tiefe der Ventilation ist natürlich, wenn sie ein rein physikalischer Process ist, nur von relativ kurzer Dauer. Sie muss, wenn in der Zeiteinheit nicht mehr Kohlensäure im Körper gebildet und an das Blut abgegeben wird, nach einiger Zeit wieder verschwinden, wenn ein neuer Gleichgewichtszustand zwischen dem Kohlensäuregehalt des Blutes und der Lungenluft eingetreten, und die vorher unter anderen physikalischen Bedingungen im Blute angehäufte Kohlensäure entleert ist. Unter Umständen kann aber dasselbe Moment, welches die stärkere Ventilation bedingt, auch mit den Bedingungen der vermehrten oder verminderten Sauerstoffaufnahme in den Lungen und dadurch mit den Bedingungen gesteigerter oder verringerter Oxydation und Kohlensäurebildung verbunden sein. Je rascher der Blutumlauf ist, je öfter also einem und demselben Blutkörperchen Gelegenheit gegeben ist, Sauerstoff in den Lungen auf und an die Gewebe abzugeben, desto stärker wird auch die Verbrennung im Organismus; wozu der mit der gesteigerten Blutgeschwindigkeit ebenfalls gesteigerte allgemeine Säftestrom von Zelle zu Zelle, die gesteigerte Action der Herz- und Gefässmusculatur etc. das Ihrige beitragen. Durch die vermehrte Zahl der Athemzüge können wir die Zahl der Herzcontractionen und damit auch die Umlaufsgeschwindigkeit des Blutes, wenn die einzelnen Herzcontractionen an Stärke gleich bleiben, beschleunigen, oder im umgekehrten Falle vermindern. Somit wird sich gewöhnlich mit dem Resultate der gesteigerten, ausgiebigeren oder verminderten Ventilation auch das Resultat der gesteigerten oder verringerten Oxydation mischen. Dieselbe Steigerung oder Verminderung werden

alle Bedingungen ausüben, die wir von Einfluss auf die Oxydationen im Organismus sehen. Bei Muskelbewegung, welche auch den Blutkreislauf beschleunigt, sehen wir entschieden mehr Kohlensäure aus dem Blute austreten als bei Ruhe (cf. Muskelphysiologie). Die täglichen Schwankungen in der Intensität der Stoffwechselvorgänge, welche eine Erhöhung derselben um Mittag, auch ohne dass Nahrung genommen wurde, zeigen, machen sich auch als eine Vermehrung der Kohlensäureabgabe geltend. Auch vom Athmen im erhöhtem Luftdruck wird dasselbe behauptet. Die Erniedrigung der Lufttemperatur unter das Normale soll ebenfalls die Kohlensäureausscheidung erhöhen, mit der Erhöhung des Luftdruckes soll sie abnehmen.

Weitaus das wichtigste Moment für die quantitativen Verhältnisse der Gasausscheidung ist sicher die jeweilige Blut- und Körperzusammensetzung. Aus den Ernährungsgesetzen lassen sich im Grossen die Verhältnisse der Respiration ableiten. Je reicher der Organismus und dadurch das Blut an kohlenstoffhaltigen Bestandtheilen ist, desto grösser ist die in gleichen Zeiten abgeschiedene Kohlensäuremenge. Nahrungsaufnahme besonders kohlenstoffreicher Substanzen steigert die Kohlensäureabgabe vorübergehend. Massenzunahme der Körperorgane erhöht sie dauernd. Doch steht das Körpergewicht zu der ausgeschiedenen Kohlensäuremenge in keinem directen Verhältnisse. Veränderte Zustände in der Ernährung des Gesammtkörpers sind es vor allem, welche als letzter Grund die Veränderungen der Kohlensäureausscheidung unter sehr mannichfachen äusseren Verhältnissen bedingen. Lebensalter, Geschlecht, Tages- und Jahreszeiten, Beschäftigungsweise, Gewohnheiten, Temperamente etc. sind unverkennbar in der Mehrzahl der Fälle mit bestimmten Ernährungszuständen des Körpers gleichbedeutend. Wir verstehen dann, warum sich die Kohlensäureabgabe bei ihnen in bestimmter, berechenbarer Weise verschieden verhalten müsse.

C. Ludwig hat aus den Beobachtungen von Andral, Gavarret, Scharling, Valentin und Vierordt eine Reihe zusammengestellt, welche, freilich ohne Berücksichtigung der Nahrung und der anderen Einflüsse, eine Abhängigkeit der stündlichen Kohlensäureausscheidung von dem Alter zeigt. Die Tabelle lehrt, dass bei dem Manne mit zunehmender Körperentwickelung auch die stündlich ausgegebene Menge von Kohlensäure zunimmt, mit der Abnahme der Körperkräfte im höheren Alter sinkt auch die betreffende Abgabe wieder. Dasselbe Gesetz, aber weniger deutlich, ergiebt sich auch aus den Beobachtungen der genannten Autoren an Frauen. Obwohl sich gegen die Gewinnungsmethoden der Resultate viel einwenden lässt, scheinen sie doch, um ein Bild über die in der Zeiteinheit ausgegebenen Mengen Kohlenstoff zu geben, brauchbar. Sie sind im Allgemeinen eher zu gross als zu klein, da man bei Concentrirung seiner Aufmerksamkeit auf die Respiration, wie sie mit den betreffenden Versuchen selbstverständlich verbunden ist, und ebenso aus anderen Versuchsbedingungen stets eher mehr als weniger als sonst athmet. In der Tabelle, die sich nur auf männliches Geschlecht bezieht, ist die Kohlensäure auf Kohlenstoff berechnet.

Alter:	ausgeathmeter C: in Gramm pr. 1 hor.	Beobachter:
8—14 Jahre	7,2	Andral, Gavarret
,,	6,4	Scharling
15—25 ,,	10,7	Andral, Gavarret
,,	10,8	Scharling
26—50 ,,	11,0	Andral, Gavarret
,,	11,4	Scharling
,,	10,7	Valentin
,,	8,8	Vierordt
51—60 ,,	11,0	Andral, Gavarret
61—70 ,,	10,2	,,
71—80 ,,	6,0	,,
81—102 ,,	7,3	,,

Nach meinen an mir selbst angestellten Beobachtungen ist die stündliche Kohlensäure- oder Kohlenstoffausscheidung bei demselben Individuum sehr schwankend. Im Hungerzustande wurden in einer Stunde von mir ausgeschieden 7,5 Gramm, bei normaler Nahrung 9,0 Gramm, bei möglichst gesteigerter Nahrungsaufnahme 10,52. Ich befand mich zur Zeit dieser Versuche im 24. Lebensjahr. Sie zeigen, dass die in der Tabelle zusammengestellten Unterschiede nach den verschiedenen Altern, wenn sie auch wirklich existiren, doch von Schwankungen nach der Nahrungsaufnahme vollkommen verdeckt werden können*).

Die Gesammtmenge von Kohlensäure die nach meinen Beobachtungen ein gesunder, erwachsener Mann durch die Athmung ausgeben kann, schwankt in 24 Stunden bei Berücksichtigung der Ernährungseinflüsse bedeutend. Das Körpergewicht des Versuchsindividuums war im Durchschnitt 72 Kilogramm.

Nahrungsverhältnisse:	in 24 Stunden ausgeschiedene: CO_2 = C	in 1 Stunde ausgeschiedener: C
Hunger	662,9 = 180,8	7,5
,,	663,5 = 180,9	
stickstofflose Nahrung	735,2 = 200,5	8,3
gemischte Kost	759,5 = 207,0	8,6
,,	791,1 = 215,7	9,0
4 Pfd. Fleisch	847,5 = 231,1	9,6
möglichst grosse Nahrungsmenge	925,6 = 252,4	10,5

Die Angaben erklären sich selbst.

*) Zu bemerken ist, dass meine Resultate sich auf die Gesammtathmung (durch Lungen und Haut) beziehen. Doch ist die Gesammtmenge der durch die Haut abgegebenen Kohlensäure zu gering, als dass sie auf die Resultate einen erkennbaren Einfluss ausüben könnte.

Quantitative Verhältnisse der Sauerstoffaufnahme.

Obwohl die Sauerstoffaufnahme in den Lungen ein chemischer Vorgang ist, so sehen wir doch eine Reihe von anderweitigen Bedingungen auf ihn von Einfluss.

Vor allem sehen wir, dass der Procentgehalt der Luft an Sauerstoff nicht unter ein bestimmtes Minimum sinken darf, ohne dass Atheinnoth oder Erstickung eintritt. Nach W. MÜLLER sterben Kaninchen sehr rasch in einer Luft, welche nur 3 pCt. Sauerstoff enthält; bei 4,5 pCt. ist die Athmung schwer, bei 7,5 pCt. immer noch tiefer als normal; erst bei 14,8 pCt. sind die Bewegungen der Athmung ganz regelmässig. Da bei dem Menschen der Sauerstoffgehalt in der Ausathmungsluft zwischen 14 und 18 pCt. schwankt, so genügte dieselbe Luft also noch weiter zur normalen Erhaltung des Athmens.

Dass die Geschwindigkeit des Blutstromes in den Lungen von Einfluss auf die Sauerstoffaufnahme ist, hat schon oben Erwähnung gefunden, mit der grösseren Zahl der in der Zeiteinheit die Lungencapillaren passirenden Blutkörperchen wächst die Absorptionsfläche für Sauerstoff.

Das Volum des einzelnen Blutkörperchens von mittlerer Grösse bestimmte WELCKER, indem er aus Gyps nach den Verhältnissen der Blutkörperchengrösse gefertigte Schema's benutzte, zu 0,000000 072217 Cb. Mm. Da 1 Cb. Mm. Blut 5 Millionen Blutkörperchen enthält, erreicht deren Gesammtvolum 0,36 Cb. Mm., für das Plasma bleibt 0,64 Cb. Mm.

Nach WELCKER ist die Oberfläche des schüsselförmigen Körperchens etwas kleiner als der eines Cylinders von gleicher Höhe und Breite. Sie ergab sich durch Belegung des Modells mit Papier und Wägung des letzteren für ein Blutkörperchen zu 0,000128 □ Mm. Ein Cubikmillimeter Blut (5 Millionen Blutkörperchen) hat also beim Menschen eine Blutkörperchenoberfläche von 640 □ Mm. (beim Frosch 220 □ Mm.). Das Gesammtblut des Menschen zu 4400 C. Cm. angenommen, giebt eine Blutkörperchenoberfläche von 2816 □ Meter d. h. eine Quadratfläche von 80 Schritt Seitenlänge!

Werden in jeder Secunde 176 Ccm. Blut in die Lungen getrieben, so gleicht die Oberfläche der darin enthaltenen Blutkörperchen einer Quadratebene von 87 □ Meter = 13 Schritt Seitenlänge.

Diesen erstaunlichen Grössen entspricht die Ausdehnung der Lungenoberfläche. HUSCHKE berechnet die Zahl der Lungenbläschen auf 1800 Millionen, ihre Fläche zu etwa 2000 □ Fuss.

Durch die Einathmung werden die Lungenbläschen ausgedehnt, ihre nach KRAUSE nur $^{1}/_{200}$–$^{1}/_{100}$''' dicke Wand noch verdünnt, die Widerstände gegen das Gas ein- oder Austreten dadurch vermindert. Die Vermehrung der Widerstände in den durch Dehnung verengerten und verlängerten Capillaren wird im Gegensatze zu dem Ebengesagten die Blutkörperchen länger in der Sauerstoffberührung zurückhalten also auch reichlicher mit Sauerstoff sättigen. Wir sehen stets bei Athemnoth wohl aus diesem Grunde vertiefte Athembewegungen. Dass die grössere oder geringere Menge von Blutkörperchen von Einfluss auf die Sauerstoffaufnahme sein muss, ist natürlich. Die Blutkörperchen können auch in ihrem Sauerstoffabsorptionsvermögen Schwankungen erleiden. Manche narkotische Stoffe: Morphin, Strychnin, Alkohol setzen die Absorptionsfähig-

keit herab, vielleicht auch andere in der Nahrung aufgenommene Stoffe: Fette, Zucker; Kohlenoxydgas vernichtet die Absorptionsmöglichkeit vollkommen (Harley, Bernard, Hoppe).

Die von Wasserdampf befreite ausgeathmete Luft, obwohl sie Stoffe abgegeben und dafür andere eingenommen hat, zeigt ihr Volum im Allgemeinen nicht sehr verschieden von dem der eingeathmeten Luft. Es geht daraus hervor, dass die Volumina des aufgenommenen Sauerstoffes und der abgegebenen Kohlensäure nahezu gleich sein müssen. Da bei der inneren Athmung der grösste Theil des Sauerstoffs zur Oxydation von Kohlenstoff verwendet wird, so überrascht diese Beobachtung nicht. Wir müssen aber voraussetzen, dass das in 24 Stunden ausgeathmete Luftvolum stets im Ganzen etwas kleiner sein muss als das eingeathmete, da ja der Sauerstoff auch noch neben der Kohlensäurebildung zur Oxydation von Wasserstoff, Stickstoff, Schwefel, Phosphor verwendet wird, deren Oxydationsproduct theilweise nicht in der Athmung wieder erscheinen. Das Experiment lässt wirklich eine solche Verminderung des Volumens ziemlich regelmässig erkennen. Am kleinsten ist dasselbe bei einer Nahrung mit Kohlehydraten, die für die Oxydation des Wasserstoffs schon genügend Sauerstoff in ihrer Zusammensetzung enthalten: am stärksten ist es bei Fleischkost und Hunger. Auf 100 aufgenommenen Sauerstoff scheidet der Mensch in 24 hor. zwischen 88 u. 98 Sauerstoff als Kohlensäure aus. P. u. V. Ueberhaupt geht die Kohlensäureausscheidung und Sauerstoffaufnahme nicht immer gleichmässig vor sich, wie man sich leicht aus den vielen verschiedenen Verbindungen die der Sauerstoff bis zur Bildung der endlichen Oxydationsproducte eingeht, erklären kann. Pettenkofer u. Voit. Die Proportionalität wird sich immer erst in grösseren Zeiträumen – 24 hor. – ergeben können. Merkwürdig ist die Beobachtung, dass winterschlafende Thiere sehr viel Sauerstoff in sich zurückhalten (Valentin); dasselbe Zurückhalten zeigt sich stets im Schlafe nach Pettenkofer u. Voit auch am Menschen. Unter Tags wird weit weniger Sauerstoff aufgenommen als in der Kohlensäure ausgeschieden; erst in der Nacht holt sich die Menge ein, die also während der Verbrauchszeit am Tage sich in den Organen, Muskeln, Drüsen etc. aufspeichert. D e r O r g a n i s m u s e i n e s E r w a c h s e n e n b e d a r f i n 2 4 h o r. e t w a 7 4 6 G r a m m S a u e r s t o f f.

Die ausgeathmete Luft hat stets ziemlich genau die T e m p e r a t u r des Körpers, indem sie in der Lunge ihre Wärme mit der des Blutes ausgeglichen hat. Nur wenn die Temperatur der eingeathmeten Luft s e h r niedrig wird, ist diese Ausgleichung keine vollkommene.

Valentin fand die Wärme der Lungenluft:

bei — 6,3° C. . . . + 29,8° C.
,, + 19,5° C. . . . + 37,25° C.
,, + 41,9° C. . . . + 38,1° C.

Die in die Lungen meist kälter und trockener eingeathmete Luft wird dort mit W a s s e r d a m p f f a s t v o l l k o m m e n g e s ä t t i g t (Valentin). Nur bei sehr raschen Athemzügen tritt keine vollständige Sättigung ein. Die Menge des ausgeschiedenen Wassers wird geringer, wenn die Anzahl der Athemzüge steigt. Es rührt das sicher daher, dass die häufigeren Athemzüge weniger tief waren, so dass hier dasselbe Verhältniss stattfindet, wie bei der Kohlensäureabgabe, deren Ausscheidung auch wie angegeben durch häufigere, flachere Athemzüge ver–

mindert wird. Die Gesammtwassermenge, welche den Organismus durch die Athmung (Haut- und Lungenathmung) verlässt während 24 Stunden schwankt zwischen sehr weiten Grenzen. Sie beträgt beim Manne zwischen 500—1000 und mehr Gramm. Bei Nacht im Bett ist sie weit bedeutender als am Tage (PETTENKOFER, VOIT), Arbeit steigert sie sehr.

Die Hautathmung.

Die *Hautathmug*, die *Perspiration* liefert qualitativ dieselben Producte und bewirkt die gleichen Luftveränderungen als die Lungenathmung. Die mit der Haut in Berührung befindliche Luft wird erwärmt, mit Wasserdampf, und Kohlensäure beladen, und es wird ihr dafür Sauerstoff entzogen, und zwar dem Volumen nach sehr viel weniger als dafür Kohlensäure ausgegeben wird (GERLACH). Vor allem ist die Haut für den Organismus von grosser Wichtigkeit als Organ der Wasserabgabe. Sie kann in 24 Stunden eine sehr bedeutende Grösse erreichen. Nach SCHARLING schwankt die Kohlensäureabgabe von der Haut (und Darm) für eine Beobachtungsstunde zwischen 0,124 Gramm und 0,373 Gramm. Auf 24 Stunden würde die Gesammtmenge der auf diesem Wege entleerten Kohlensäure also zwischen 3—9 Gramm schwanken, während die durch die Lungen ausgeschiedene Menge das hundert- bis dreihundertfache davon betragen kann. Nach GERLACH's Entdeckung steigert sich die Kohlensäureabgabe durch die Haut mit der Muskelanstrengung und der steigenden Temperatur der umgebenden Luft. Es sind dies die ersten Beobachtungen über physiologische Schwankungen dieser Abscheidung und darum von besonderer Wichtigkeit. Da andere Stoffe als Kohlensäure und Wasser nicht in erheblicher Menge ausgeschieden werden, so trifft der Gesammtverlust durch die Haut, der in 24 Stunden bis auf 500—800 Gramm steigen kann, vorzüglich auf die Wasserabgabe.

Die Organe der Hautathmung sind zweifelsohne die Schweissdrüsen mit ihrem reichen Capillarnetze, zu dem die Luft den Zutritt verhältnissmässig leicht finden kann. Die mit Epidermis bedeckte Haut betheiligt sich gewiss nur sehr wenig, wenn überhaupt, an dem Gasverkehre. Gesteigerte Temperatur, Muskelbewegung soll diesen steigern.

Wenn die Hautathmung durch *Ueberfirnissen* von Thieren ganz aufgehoben ist, so tritt sehr rasch der Tod ein und zwar verbunden mit einer Abnahme der Temperatur. Die Wasserausscheidung wird durch den Abschluss der Hautathmung nicht geringer, da die Lungen dann entsprechend stärker functioniren. Die wenigen Gramme Kohlensäure, welche im normalen Zustand die Haut abgiebt, können, da sie leicht durch die Lungen aus dem Körper ausgeschieden werden können, die lebensgefährliche Störung nicht veranlassen. Der Tod erfolgt also sicher nicht durch Unterdrückung dieser bekannten Ausscheidungen der Haut; sondern durch einen noch unbekannten Grund, als den Manche einen in minimalen Mengen durch die gewöhnliche Hautthätigkeit ausgeschiedenen giftigen Stoff ansprechen. Man kann an flüchtige Alkalien denken, wie sich solche durch Zersetzung stickstoffhaltiger Stoffe bilden (Ammoniak, Methylamin etc.). Dass derartige dampfförmige Stoffe mit

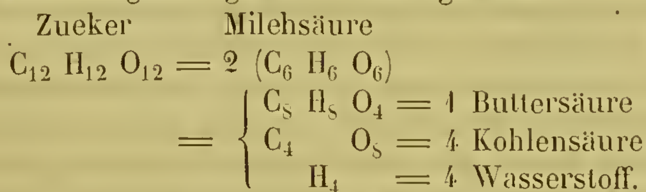
den Athemgasen ausgeschieden werden, ist sehr wahrscheinlich, wenn ihre Menge auch zu gering ist, um sie direct chemisch nachzuweisen.

Die Darmathmung.

Der Darmathmung hat man bisher wenig Werth beigelegt. Die Gasmengen, welche durch den Darm gewechselt werden, sind nur sehr gering. Doch wird im Darm wie in der Lunge Sauerstoff aus der verschluckten Luft verzehrt, und sie, beladen mit Kohlensäure, Wasserdampf und Wärme wieder abgegeben.

Ausser der Darmathmung existirt noch eine zweite Quelle für Kohlensäurebildung im Darme: die Gährung, Milchsäure- und Buttersäuregährung des Darminhaltes, die durch den Darmschleim vor allem eingeleitet wird. Neben der Kohlensäure findet sich in den Darmgasen nach Planer auch Wasserstoff, die ebenfalls dieser Gährung entstammt.

Die Gasentwickelung im Dünndarme ist am bedeutendsten nach dem Genusse vegetabilischer, Stärke- und Zucker haltiger Nahrung namentlich nach Hülsenfrüchten. Bei dieser Nahrung ist auch die entstehende Menge des Wasserstoffes am grössten, der bei Fleischnahrung vollkommen fehlen kann. Nach älteren Angaben schon war etwas Wasserstoff in der Athemluft gefunden worden. Pettenkofer und Voit zeigten, dass das Vorkommen von Wasserstoff in den Gasen der Gesammtathmung unter denselben Nahrungsbedingungen eintreten, unter denen es Planer in den Darmgasen gefunden hatte. Der Wasserstoff in der Gesammtrespirationsluft entstammt also wohl den Gährungsvorgängen im Darme, welche auch noch einen freilich geringen Theil von Kohlensäure produciren. Das Schema, nach welchem der Zerfall des Zuckers in der Buttersäure- und Milchsäuregährung eintritt ist folgendes:



Zucker — Milchsäure

$$C_{12}\,H_{12}\,O_{12} = 2\,(C_6\,H_6\,O_6)$$

$$= \begin{cases} C_8\,H_8\,O_4 = 1 \text{ Buttersäure} \\ C_4\,\quad O_8 = 4 \text{ Kohlensäure} \\ \quad H_4 \quad = 4 \text{ Wasserstoff.} \end{cases}$$

Im Magen findet sich kein Wasserstoffgas so lange der Magensaft sauer ist, durch Neutralisiren desselben z. B. mit Magnesia usta kann die Buttersäuregährung auch dort eingeleitet, und dadurch Wasserstoff gebildet werden. Das Gasaufstossen bei Verdauungsschwäche ist dadurch begründet.

Auch die in geringen Spuren in der Gesammtathemluft gefundenen Kohlenwasserstoffgase (Leuchtgas), und Ammoniak stammen wahrscheinlich vom Darme. Das Ammoniak rührt vielleicht auch von Zersetzungen in kranken Zähnen, Speiseresten etc. in der Mundhöhle her, es beträgt nach den genauen Bestimmungen von C. Voit und Lossen in der in 24 Stunden durch die Lungen abgegebenen Luft nur 0,0104 Gramm. Das Blut fand Voit u. A. Ammoniakfrei.

Diese letztgenannten Gase: Wasserstoff, Kohlenwasserstoffe, Ammoniak stehen an ihrem Entstehungsorte und in der normalen Atmosphäre entweder unter keinem oder unter einem verschwindend kleinen Drucke, da sie dort nur in den minimalsten Spuren oder gar nicht (Wasserstoff) vorkommen. Sie

müssen also, mögen sie im Darme oder sonst wo entstehen, sogleich in die Gewebsflüssigkeiten diffundiren. So gelangen sie in die Athemluft, ohne mit den Oxydationsvorgängen im Organismus, denen die Athmung vor allem dient, Etwas zu schaffen zu haben.

Einfluss des Luftdruckes auf die Athmung und das Allgemeinbefinden.

Verminderter Luftdruck.

Die Luft ist durch den Grad ihrer Compression, die sie entweder durch den verschiedenen Luftdruck bei verschiedenen Ortshöhen erfährt oder die auf künstlichem Wege durch Luftpumpenvorrichtungen vermehrt oder vermindert werden kann, nicht ohne Einfluss auf unser Befinden.

Der menschliche Körper ist so gut wie jeder andere dem Drucke der Atmosphäre ausgesetzt. Der Totaldruck, welcher von allen Seiten her gleichmässig vertheilt auf den Körper wirkt, schwankt zwischen etwa 30—40 tausend Pfund.

Die gewöhnlichen Barometerschwankungen reichen nicht aus, bemerkbare Wirkungen hervorzubringen. Bei stärkerer Verminderung des Luftdruckes auf einer bedeutenderen Höhe, die wir erstiegen haben, bemerken wir ein eigenthümliches Gefühl besonderen Wohlbehagens, welches durch eine ausgiebigere Lungenventilation hervorgerufen scheint. Dabei bemerkt man, dass die eingetretenen Ermüdungserscheinungen weit rascher verschwinden als in der Ebene, was vielleicht von einer eintretenden Steigerung der Blutbewegungsgeschwindigkeit herrühren könnte. Der raschere Blutstrom kann die ermüdenden Muskelzersetzungsproducte aus den Muskeln rascher auswaschen und entfernen. Gegen Alkoholgenuss tritt eine auffallende Immunität ein. Man meint, dass sich diese vielleicht aus der durch den verminderten Luftdruck beschleunigten Abdunstung des Alkohols aus dem Blute in den Lungen erklären lasse, vermöge deren der Alkoholgehalt des Blutes nicht zu erheblichen Höhen steigen kann. In den grossen Höhen der Andes soll der Alkohol fast ganz seine Wirkung versagen. — Man hat beobachtet, dass in verdünnter Luft die vitale Capacität der Lungen sinkt, die Respirationsfrequenz dagegen steigt. Der Puls wird beschleunigt, alle Gefässe erweitert.

Sehr interessant sind die von R. von Schlagintweit in den asiatischen Hochgebirgen beobachteten Beschwerden auf grossen Höhen, die in ähnlicher Weise schon in den Andes von Südamerika und bei Luftschifffahrten beobachtet wurden.

Diese Beschwerden werden in Hochasien als Bitsch, Bisch Ki Haua, Kharab Haua, »giftige, böse Luft« bezeichnet. In den Andes werden sie Sorocho, Puna, Veta, Mareo und Chunno genannt.

Jede Muskelbewegung in diesen hohen Regionen verursacht die grösste Anstrengung und Abspannung, doch setzt Gewöhnung die Erscheinungen sehr herab. Dagegen ist keine Menschenrace von diesen Beschwerden ausgenommen; in den Anden leidet der Kräftige mehr als der Schwächliche.

Schlagintweit beobachtete in Hochasien folgende Beschwerden: Kopfweh, des Nachts gesteigert, Schwierigkeit zu athmen bis zur Erstickungsangst, Appetitlosigkeit, Abspannung, Niedergeschlagenheit, Stumpfsinn; ferner grosse Reizung zu Blutungen aus Lunge und Nase, die aber spontan nicht aufzutreten scheinen. Wind vergrössert die Beschwerden ungemein. In den Andes sind die Beschwerden viel grösser als in Asien, und treten schon bei geringerer Höhe auf. Während sie in Asien erst bei 16500 englische Fuss beginnen, stellen sie sich in den Andes schon bei 11500′ ein. Auch Maulthiere leiden daran, man sucht sie durch Aderlass (Oeffnen eines Zungengefässes) zu erleichtern.

In noch bedeutenderen Höhen über 18000′ tritt grosse Uebelkeit, spontane Blutungen aus dem Zahnfleisch und Blutaustritt in die Bindehaut des Auges auf; gegen jede Bewegung der grösste Widerwillen, bei Niedersitzen Erleichterung.

Als Glaischer bei einer Luftfahrt eine Höhe von 32000′ erreicht hatte, stürzte er besinnungslos nieder, nur sofortiges Senken durch seinen Begleiter konnte ihn retten.

F. Hoppe hat gezeigt, dass ein solches plötzliches Zusammensinken auch bei Thieren unter der Glocke einer Luftpumpe bei rascher Luftverdünnung stattfindet. Er erklärte dieses durch Gasentwickelung aus dem Blute unter dem geringen Druck. Die Gasblasen verstopfen dann die Lungencapillaren und Herzcapillaren ganz ebenso, wie das bei Lufteintritt in die Venen in der Nähe des Brustraumes erfolgt.

Gesteigerter Luftdruck.

In den Taucherglocken, bei Brückenbauten nach der pneumatischen Methode oder in künstlichen Apparaten zum Aufenthalt in verdichteter Luft, wie solche jetzt in Paris, auf dem Johannisberg im Rheingau, in Rosenheim etc. aufgestellt sind, hat man in älterer und neuester Zeit Gelegenheit genommen, die Wirkung des gesteigerten Luftdruckes zu beobachten.

Babington hat Beobachtungen veröffentlicht, welche er beim Legen des Fundamentes der neuen Londonderry-Brücke gewonnen. Diese Brücke ruht auf 6 eisernen Hohlcylindern, welche bis zu 40 Fuss unter das Flussbett gesenkt sind. Zunächst wurden die später mit Sand und Cement zu füllenden Hohlcylinder eingesenkt und das Wasser aus ihnen durch ein Luftdruckwerk herausgepresst. In dem so hergestellten wasserfreien Raume mussten die Arbeiter unter sehr erheblich gesteigertem Luftdrucke arbeiten bei 27–43 Pfund Luftdruck auf den Quadratzoll.

Die Arbeiter verspürten zuerst einen Schmerz in den Ohren, der bald vorüber ging; dann Kopfschmerz, abnorme Schärfe des Gehörs, Schmerzen in den Gliedern, zuweilen Nasenbluten und ein Gefühl von Schwere und Unbehagen. Diese Beschwerden waren am stärksten, wenn der Uebergang aus einem Luftdruck in den andern zu schnell stattfand. Am aller intensivsten traten sie auf, wenn die Arbeiter aus dem Cylinder an die atmosphärische Luft kamen. Hier entstand in einzelnen Fällen plötzliche, tödtlich verlaufende Lähmung (durch Ruptur von Gehirncapillaren?). Die Erscheinungen besserten

sich unter dem hohen Druck wieder, sodass sich Einzelne nur in den Cylindern wohl befanden. Manche behaupteten, dass es sich besonders leicht darin arbeite.

A. MAGNUS suchte bei einem Brückenbau in Königsberg den Grund für die in comprimirter Luft eintretenden Ohrenschmerzen zu ermitteln. Der Sitz der Schmerzen ist im Trommelfell. Es wird durch den verstärkten Luftdruck nach innen gewölbt und gespannt, wobei es sich bedeutend röthet. Um eine Ausgleichung des Luftdruckes auf beiden Seiten des Trommelfelles herzustellen, dienen Schlingbewegungen, durch welche die Tuba Eustachii geöffnet wird. Ausathmungsversuche bei geschlossenem Mund und zugehaltener Nase (VALSALVA'scher Versuch) pressen ebenfalls Luft in die Trommelhöhle ein und beseitigen dadurch den Ohrenschmerz.

Das beobachtete schärfere Gehör rührt von der schon lange bekannten Thatsache her, dass comprimirte Luft besser den Schall leitet, sodass wir in ihr gleichstarke Töne besser hören als in gewöhnlichem Luftdrucke.

Die Versuche von R. VON VIVENOT und LANGER mit dem Apparate auf dem Johannisberg angestellt, ergaben eine Zunahme der Lungengrösse in verdichteter Luft um $^3/_7$ Atmosphäre, die sich durch Percussion ebenso wie am Spirometer nachweisen liess. Die vitale Capacität der Lungen zeigte sich gegen gewöhnlich um 3,3—3,4 pCt. gesteigert. Die absoluten Luftmengen, welche durch diese Vergrösserung der Lunge aufgenommen werden können, ändern sich natürlich in noch stärkerem Verhältniss etwa wie 5 : 3 : 2.

Durch längeren Aufenthalt in der verdichteten Luft soll die vitale Capacität der Lunge dauernd erhöht werden. Die Zunahme soll bis zu 24 pCt. steigen können.

Die Respirationsfrequenz sinkt von 16—4 in der Minute in der comprimirten Luft und zwar soll auch diese Wirkung für längere Zeit andauern. Die Kohlensäureausathmung soll absolut zu nehmen, was sich vielleicht auf eine lebhaftere Oxydation und Sauerstoffaufnahme bezieht. Bei den Arbeitern bei den pneumatischen Brückenbauten fand sich wenigstens stets ein vermehrter Appetit, Zunahme der Harnsecretion und Abmagerung. Bei genügender Nahrung soll letztere fehlen und dafür eine allgemeine Kräftigung des Muskelsystemes und des Herzens eintreten.

Es zeigt sich stets eine vorübergehende Abnahme der Pulsfrequenz, wahrscheinlich durch eine Vermehrung der Widerstände in der arteriellen Blutbahn durch Compression der Gefässe in Folge des vermehrten Druckes. Anfänglich steigt dabei auch die Temperatur, kann aber in der Folge ohne Verminderung des Luftdruckes sogar unter die Venen sinken.

Ventilation.

Nach der Diät giebt es wohl kein Postulat der Gesundheitspflege gegen welches vom Publicum so fortgesetzt gesündigt wird als gegen das der richtigen, ausreichenden Lufterneuerung in den Wohnungen.

Die engen Wohnräume, möglichst hermetisch verschlossen gegen das Eindringen der frischen, gesunden Luft, werden so namentlich im Winter

Brutstätten der schwersten und mannigfaltigsten Krankheiten, indem der fortgesetzte Aufenthalt in schlechter Zimmerluft die Widerstandsfähigkeit des Individuums gegen jede Art von krankmachenden Ursachen herabsetzt.

Es wird uns aber die Hartnäckigkeit mit welcher sich das Publicum einer richtigen Lufterneuerung widersetzt, weniger unverständlich, wenn wir sehen, dass auch noch so mancher Arzt in unseren Tagen, der sich ein richtiges Verständniss der Frage hätte verschaffen können, noch so vollkommen falsche Anschauungen über dieselbe hegt. Und was sollen wir von der älteren Praxis sagen, welche eine frische Luft von dem gefürchteten »Zuge« nicht zu unterscheiden vermochte? Die Furcht des Publicums vor Luft ist ihm von ärztlicher Seite seiner Zeit beigebracht worden. Es dauert lange, bis in das Publicum neue ärztliche Ansichten eindringen; einmal aber festgesetzt sind sie kaum durch eine Macht der Welt wieder auszutreiben. Man folgt mit halber Aufmerksamkeit den wissenschaftlichen Auseinandersetzungen des Arztes, verspricht Abhülfe des Uebelstandes, zuckt hinter seinem Rücken die Achseln über den modernen Neuerer und lässt es bei der althergebrachten Unreinlichkeit.

Was hilft da in manchen Fällen weiter als das Fenster geradezu einzuschlagen?

Luft, frische, reine Luft ist in erster Linie Lebens- und Gesundheitsbedürfniss.

Sie kann durch keine Räucherung oder Desinfection ersetzt werden.

Wenn es in einem Kranken- oder Wohnzimmer übel riecht, so pflegt man zuerst nach Räuchermitteln zu greifen. Diese haben aber nur die Wirkung, unsere Geruchsorgane, die uns von der Natur als Hauptwächter unserer Gesundheit verliehen sind, durch übermässige Reizung soweit abzustumpfen, dass sie die Warnung vor den gasförmigen Feinden unseres Lebens nicht mehr vernehmen.

Ich bin ein erklärter Gegner aller Räucherungen. Nicht weil unter Umständen niemals dadurch schädliche Stoffe vernichtet werden könnten, sondern vor allem darum, weil wir nach ihrer Anwendung für längere Zeit keinen brauchbaren Massstab für die Reinheit der uns umgebenden Luft mehr besitzen. Wo es in einem Wohn- oder Krankenzimmer nach Weihrauch, Chlor oder Essigdämpfen riecht, müssen wir von vorneherein den Verdacht hegen, dass hier nicht die gehörige Aufmerksamkeit auf Herbeischaffung frischer Luft verwendet wird, sonst würde es dieser Mittel nicht bedürfen.

Eine missverstandene Gesundheitspflege legt einen grossen Werth auf die Grösse des Luftraumes, in welchem der Mensch sich aufhält und wohnt. Man mag an den Angaben festhalten, dass für den Einzelnen die Grösse des Luftraumes, in dem er leben soll, etwa 800 Cubikfuss betragen müsse, und für Kranke etwa 1000 Cubikfuss Luftraum fordern. Aber man darf nicht vergessen, dass ein noch so grosser Luftraum bei ungenügender Ventilation endlich durch den Aufenthalt, den Athem und die Perspiration des Menschen verpestet wird. Und dass dagegen ein ungemein beschränkter Wohnraum an sich, bei ausreichender, Luftzufuhr doch die Gesundheit nicht zu beeinträchtigen braucht.

Besonders bei der Casernirung des Militärs pflegt man grosses Gewicht auf die Grösse der Wohnung, welche der Einzelne zu beanspruchen hat, zu legen.

Am freigebigsten waren die Einrichtungen in dieser Beziehung in dem ehemaligen Königreiche Hannover. Noch in neuester Zeit wurde dort der Luftraum für den Mann von 700 auf 800 Cubikfuss erhöht.

In Oesterreich wird in den Casernen auf den Mann $2^1/_4$ Cubikklafter gewährt.

Der Raum für den Soldaten in den preussischen Casernen ist einschliesslich des Platzes zur Aufstellung der Betten, der übrigen Utensilien und des Ofens auf einen Flächenraum von 42—45 Quadratfuss, mithin bei einer Zimmerhöhe von 10—11 Fuss auf 420—495 Cubikfuss normirt. In den Militärspitälern steigt der Raum für den einzelnen Kranken auf 600—720 Cubikfuss.

Das englische Regulativ von 1859 verlangt für den Mann in gemässigten Klimaten einen Luftraum von 600 Cubikfuss.

Dagegen kommen in Frankreich auf jedes Bett in den Casernen nur 42, im Reconvalescentensale 54, im Krankensal 60 Cubikfuss.

Wie unabhängig bei genügender Luftzufuhr die Gesundheit von der Wohnungsgrösse sei, lehrt der von Pettenkofer erwähnte Transport von 500 Sträflingen auf dem französischen Schiffe Adour nach Cayenne. Der untere Schiffsraum und das Zwischendeck, wo die Gefangenen während der langen Reise verweilen sollten, hatte nur so viel Raum, dass für ein Individuum 1,7 Cub. Meter blieb. Es war ein Ventilator (nach van Hecke'schem Systeme, von einem Mann getrieben) in Thätigkeit, der in der Stunde mehr als 6000 Cubikmeter Luft eintrieb, mit einem Windschlauche versehen bei mässigem Winde sogar mehr als 9000 Cubikmeter. Während der Reise genossen die 500 Sträflinge eine vollkommene Gesundheit, sodass von dem Arzte nicht ein einziger Krankenzettel geschrieben werden musste. Sapienti sat.

Man darf der Ventilation natürlich nicht mehr zumuthen als sie zu leisten vermag.

Nur bei sonstiger, vollkommener Reinlichkeit dürfen wir von einer Lufterneuerung den gewünschten Erfolg, einen Raum mit gesunder Luft zu versorgen, verlangen. Ein Raum, der abgesehen von der Ausdünstung der Bewohner, auch sonst noch Quellen mephitischer Dünste, die fortwährend fliessen, enthält, z. B. einen ungereinigten Nachtstuhl, ein beschmutztes Bett etc. wird durch keine Ventilation zu einem nicht Ekel erregenden Wohnplatze werden können. Ist aber diese Bedingung der Reinlichkeit erfüllt, so wird die Nase bei genügender Lufterneuerung auch in einem Krankenzimmer keine Belästigung erfahren.

Die Ventilationsfrage ist für Deutschland durch die Untersuchungen v. Pettenkofer's in ein neues Stadium getreten. Wir schliessen uns seiner Darstellung an.

Er benutzte als Maass der Reinheit der Luft die Kohlensäuremenge, welche in einem bestimmten Luftvolum sich vorhanden zeigt und lehrte uns eine einfache Bestimmungsmethode dieses vornehmlichen Athmungsproductes, welche in der Hand jedes sorgfältigen Arztes ein sicheres Resultat zu geben verspricht.

Man darf aber nicht glauben, dass die Kohlensäure es sei, welche auf unser Befinden den notorisch nachtheiligen Einfluss der schlechten, verdorbenen Luft ausübt. Sie ist in der reinen Atmosphäre nur in sehr minimalen Mengen vorhanden; ihre Quantität schwankt zwischen 0,4—0,6 pro Mille dem

Volum nach. Im Mittel darf man als Normalgehalt etwa 0,5 pro Mille annehmen. Aber auch in Wohnräumen, welche eine sehr verunreinigte Luft für unser Gefühl darbieten, steigt sie nicht über einige Tausendstel im Volum.

In einem behaglichen Wohnzimmer fand Pettenkofer den Kohlensäuregehalt zu 0,54—0,7 pro Mille, während er ihn in übelriechenden, schlecht ventilirten Krankenzimmern zu 2,4 pro Mille, in überfüllten Hörsälen zu 3,2, in Kneipen zu 4,9, in Schulzimmern zu 7,2 pro Mille bestimmte.

Dieser an sich immerhin selbst in dem schlechtesten Falle (Schulzimmer!) noch absolut niedrig zu nennende Kohlensäuregehalt der Luft, ist an sich nicht im Stande die Gesundheit zu beeinträchtigen. Wir empfinden, wenn auf chemischem Wege reine Kohlensäure in derselben Quantität entwickelt und der uns umgebenden Luft beigemischt wird, keinerlei Belästigung. Wir spüren dagegen eine solche sogleich dann, wenn die eingeschlossene Luft in Folge des Aufenthalts von Menschen einen nur minimal gesteigerten Kohlensäuregehalt zeigt. Offenbar ist es also nicht die Kohlensäure selbst, welche uns eine Luft unbehaglich macht. Durch die Respiration und Perspiration des Menschen werden der Luft ausser Kohlensäure auch noch Wasserdampf und eine Anzahl anderer flüchtiger Stoffe beigemischt, von denen wir bisher nur einige genauer kennen: Wasserstoff, Kohlenwasserstoff, Schwefelwasserstoff, Ammoniak, Weingeist nach alkoholischen Getränken etc. Die Anhäufung der genannten Gase kann in einem geschlossenen Luftraume so weit steigen, dass dadurch ihre Abscheidung aus dem Organismus, in dem sie nur unter einem minimalen Drucke stehen, sehr verlangsamt oder vielleicht ganz gehemmt werden kann. Es ist sicher, dass schon eine sehr geringe Menge dieser scheinbar so giftigen Stoffe im Organismus zurückgehalten dort Störungen der normalen Functionen hervorrufen kann.

Da es nicht gelingen würde, diese minimalen Stoffmengen mit der für quantitative Vergleiche erforderlichen Schärfe zu bestimmen, so kann uns nach Pettenkofer's Vorgang die Kohlensäure, durch Athmung der Luft beigemischt, ein Maass abgeben für die Verunreinigung, welche die Luft eines Wohnraumes durch den Aufenthalt von Menschen erlitten hat. Wir legen also bei diesen Bestimmungen nicht sowohl Gewicht auf den Kohlensäuregehalt selbst, er documentirt uns nur in bewohnten Räumen den Grad der Luftverderbniss.

Um die Grösse des Luftbedürfnisses richtig bemessen zu können, müssen wir zuerst fragen, wie bedeutend die Luftverderbniss durch ein Individuum in einer bestimmten Zeit sich herausstellt.

Pettenkofer nimmt als Durchschnitt an, dass ein mittlerer Mensch in der Minute 5 Liter Luft ausathmet, welche 4% an Kohlensäure enthalten, in einer Stunde also 300 Liter Luft mit 12 Liter Kohlensäure.

Wir fühlen uns nur in einer solchen Luft behaglich, welche in Folge der Respiration und Perspiration von Menschen nicht mehr als höchstens 1 pro Mille Kohlensäure enthält.

Um dieses Postulat zu erfüllen, muss an Stelle der durch die Athmung verunreinigten Luft eine sehr bedeutende Menge frischer Luft eingeführt werden, da durch die frische Luft der Luftraum, in dem der Mensch geathmet hat, wahrhaft ausgewaschen werden muss. Die neueinströmende Luft mischt sich der alten, verdorbenen Luft zu; sie verdrängt sie nicht einfach, sondern ver-

dünnt sie nur immer mehr und mehr. Es ergiebt sich also genau das gleiche Verhältniss wie bei einem mit stark gefärhter Flüssigkeit gefüllten Brunnentrog, aus dem beständig eine bestimmte Flüssigkeitsmenge abfliesst, während eine ebenso grosse Menge ungefärhten Wassers zuströmt. Das letztere mischt sich mit dem noch rückständigen gefärbten, und verdünnt die Farbe allmählich immer mehr und mehr. Die Färber wissen am besten, was für eine bedeutende Wassermenge dazu gehört, um aus Zeugen Flüssigkeiten von intensiver Färbung auszuwaschen.

Ebenso muss die Quantität der durch die Ventilation einem Raume zugeführten frischen Luft, die Luft, welche in der gleichen Zeit in diesem Raume ausgeathmet wird, wenigstens in dem Verhältnisse übertreffen, in welchem der Kohlensäuregehalt der ausgeathmeten Luft grösser ist, als die Differenz zwischen dem Kohlensäuregehalt der freien Luft und einer Luft, in welcher der Mensch erfahrungsgemäss auf längere Zeit sich behaglich und wohl befindet. Nun ist aber der Kohlensäuregehalt der ausgeathmeten Luft 4 % oder 40 pro Mille, der mittlere Kohlensäuregehalt der freien Luft circa 0,5 pro Mille, und der Kohlensäuregehalt einer guten Zimmerluft nach den oben angegebenen Untersuchungen durchschnittlich nicht über 0,7 pro Mille. Hieraus ergiebt sich:

$$\frac{40}{0,2} = 200.$$

Man muss also, wenn ein Mensch oder eine Anzahl Menschen in einem geschlossenen Raume athmen, in diesen Raum wenigstens das 200fache Volum der ausgeathmeten an frischer Luft in jedem Zeitmomente zuführen, wenn die Luft im Raume stets gut bleiben soll. Da ein Mensch in der Stunde etwa 300 Liter Luft ausathmet, so müssen dem Zimmer, in welchem er sich aufhält in dieser Zeit 90000 Liter = 60 Cubikmeter frischer Luft zugeführt werden. Das Verlangen scheint enorm gross.

Und doch haben directe Messungsversuche ergeben, dass ein geringeres Quantum von Luft nicht hinreicht, die Luft in einem Krankenzimmer geruchlos zu machen.

Man ist in Frankreich auf ganz anderem Wege als Pettenkofer zu dem nämlichen Postulate gelangt. In einigen Spitälern in Paris werden mechanische Ventilationsapparate verwendet, welche durch Röhren in die Krankensäle Luft eintreiben, deren Menge mit Anemometern sehr genau bestimmt werden kann. Bei einer stündlichen Ventilation von 10 Cubikmeter (400 Cubikfuss) zeigte sich, dass die Luft in den Sälen einen sehr üblen Geruch hatte. Man stieg auf das Doppelte, aber das Resultat war nicht viel besser. Erst bei 60 Cubikmeter Luft für jeden Kranken in jeder Stunde zeigte sich dem Geruch und Wohlbefinden nach die Luft in den Krankenzimmern rein.

60 Cubikmeter Luft in der Stunde für jeden Kranken müssen unabänderlich von jeder ausreichenden Ventilation als Minimalleistung gefordert werden.

Es scheint, dass für Wohnräume, welche eine ausgiebige Ventilation bedürfen, also namentlich für Spitäler, eine genügende Luftzufuhr mit aller Sicherheit nur durch directes Eintreiben von frischer Luft erreicht werden könne.

Nach Pettenkofer ist dazu bis jetzt der von van Hecke construirte Ventilator am zweckmässigsten und am wenigsten kostspielig.

Ein weiter Luftcanal aus Zinkröhren verzweigt sich vom Keller aus und mündet in allen Stockwerken und Zimmern. In die Hauptzuführungsröhre ist der Ventilator eingesetzt, der durch $^1/_2$—1 Pferdekraft in Bewegung erhalten wird.

Der Ventilator besteht aus zwei Schaufeln (ähnlich wie die bewegende Schraube an Schraubendampfschiffen), welche auf zwei Stielen senkrecht auf einer rotirenden Axe sitzen und in einem Winkel von 50—60 Graden geneigt sind. Eine Eigenthümlichkeit dieses Ventilators ist, dass die Neigung der Paletten nicht constant ist, sondern mit der Geschwindigkeit der Rotation sich ändert. Um zu sehen, ob die nöthige Quantität Luft zuströme, dient die Grösse des Druckes, welchen der Luftstrom in der Hauptröhre auf eine bestimmte Fläche ausübt. Dieser Druck wird auf einen Hebel übertragen, und von diesem mittelst einer Schnur auf einen Quadranten, dessen Zeiger dadurch bewegt wird. Dieser Quadrant (Indicateur) kann sich im Gange eines jeden Stockwerkes befinden, sodass der Arzt oder der Administrator des Spitals jeden Augenblick sehen kann, ob der Stand des Zeigers der festgesetzten Luftstromstärke entspricht oder nicht. Die Bewegung des Ventilators muss stets zu dem Grade gesteigert werden, als es die Zeigerstellung erfordert.

Bei den van Hecke'schen Ventilationseinrichtungen ist dafür gesorgt, die Luftcanäle auch für Luftheizung benützen zu können. Da durch letztere auch schon eine Lufterneuerung entsteht, so hat die mechanische Ventilation dann nur als Unterstützung zu wirken, um das ganze geforderte Luftquantum herbei zu schaffen.

Das directe Eintreiben von Luft bei der Ventilation hat stets den bedeutendsten Vorzug vor dem Absaugen. Richtete man den beschriebenen Ventilator anstatt im Keller auf den Speicher in die Hauptabzugsröhre zum Luftansaugen (wie es die ursprüngliche Einrichtung war), so verschwand, wenn man die Luft eines Sales zum Zwecke des Versuches mit stark riechenden Substanzen verunreinigte, der Geruch bei Verwendung gleicher mechanischer Kraft beim Eintreiben in $^3/_4$ Stunden, beim Aussaugen durch den Kamin erst in $^5/_4$ Stunden.

Es rührt dieses auf den ersten Blick unverständliche Verhältniss daher, dass die dem Ventilator zuströmende Luft nicht alle aus den vorgeschriebenen Canälen stammt, sondern von überallher, auch aus nächster Nähe des Ventilators angesaugt wird.

Wir müssen auch hier mit gegebenen Grössen und Verhältnissen rechnen.

Bei der Verwaltung ständiger Krankenhäuser, Kasernen, Strafanstalten, gefüllten Erziehungshäusern, Auswandererschiffen etc. überall wo die in grösserer Menge Tag und Nacht zusammenlebenden Menschen sich bei ungenügender Lufterneuerung den Athemluftraum so verschlechtern können, dass eine Gefahr für die Erhaltung ihrer Gesundheit daraus resultirt, muss der Arzt auf die Einrichtung künstlicher Ventilation wieder und wieder dringen, so lange sich eine falsch angewendete Sparsamkeit gegen die natürlich kostspielige Einrichtung und Erhaltung stemmt.

Hat man es aber einmal mit überfüllten Wohnräumen, Kriegsspitälern etc.

zu thuen, ohne dass sogleich durch künstliche Ventilation Abhülfe geschafft werden kann, so darf der Arzt nicht die Hände in den Schoss legen. Er muss es verstehen, die ihm gebotenen natürlichen Ventilationsmittel ausgiebig zu benützen. Dazu ist aber eine genaue Kenntniss nöthig über die Wirkungsgrösse dieser ihm zu Gebote stehenden Hülfsmittel.

Pettenkofer hat uns gelehrt, dass die trockenen gemauerten Wände unserer Wohnräume für Luft leicht durchgängig sind und dass ein Kalk- oder Gypsbewurf diese Durchgängigkeit ebensowenig hindert als ein Oelanstrich. Bei Ziegelsteinwänden namentlich finden sich eine Unzahl von Poren, durch welche die äussere Luft mit der Zimmerluft in offener Verbindung steht. Unsere Wohnungen sind ebenso porös wie unsere Kleider, mit denen sie fast die gleiche Function theilen. Durch beide beabsichtigen wir unseren Körper den Temperaturschwankungen des Klima's zum Trotz mit einer möglichst gleichmässigen Temperatur zu umgeben.

Um die Porosität der Wände anschaulich zu machen, kann man nach Pettenkofer jeden gewöhnlichen Ziegelstein benützen. Man überzieht von den sechs den Ziegelstein begrenzenden Flächen vier mit einer der Luft undurchdringlichen Masse gemischt aus gelbem Wachs, Oel und Harz in der Art, dass zwei gegenüberliegende Flächen frei bleiben. Nun legt man Bleche oder Platten von der Grösse der beiden gegenüberstehenden, vom Wachsüberzuge frei gebliebenen Flächen auf diese. Die Bleche haben in der Mitte ein etwa $^1/_4$ Zoll weites Loch, in welches je eine Röhre von ein paar Zoll Länge luftdicht eingepasst, am besten eingelöthet ist. Sind die Bleche oder Platten auf die freien Flächen des Ziegelsteins aufgelegt, so werden sie an ihren Rändern mit der nämlichen klebenden Masse, womit man den Stein überzogen hat, luftdicht mit den vier überzogenen Flächen verbunden. Der ganze Apparat stellt nun gleichsam eine Röhre dar, welche von einer Ziegelsteinmasse von bestimmter Oberfläche und Dicke unterbrochen wird. Bläst man nun zu einem Rohr hinein, während man die Mündung des gegenüberliegenden Rohres unter Wasser hält, so wird die Luft, soviel man auf der freien Fläche durch den Ziegelstein blasen kann, in der gegenüberstehenden Röhre wieder gesammelt, unter Wasser mit Geräusch und in Blasenform austreten, da sie seitlich nirgends entweichen kann.

Derselbe Versuch gelingt in analoger Weise mit einer kleinen Wand aus Ziegelsteinen, Mörtel und Gips gemauert und angestrichen, die man ähnlich mit Platten, Röhren und luftdichtem Verschluss der freien (schmalen) Seiten versehen hat. Die Luftbewegung durch Einblasen auf der einen Seite kann so stark werden, dass dadurch an der Mündung des Austrittsrohrs ein Licht ausgeblasen werden kann.

Jeder Windstoss auf die Aussenseite einer Wand bringt eine Luftbewegung auf der inneren Wand hervor, wie sich an dem Pettenkofer'schen Wandschema leicht demonstriren lässt. Krankhaft gesteigerte Hautempfindlichkeit kann den leichten Luftzug, der so entsteht, spüren. Besonders wenn die einströmende Luft eine von der Zimmerluft verschiedene Temperatur besitzt. Häufig behaupten schwitzende Kranke (Wöchnerinnen), deren Bett an einer Wand steht, die gegen das Freie sieht, dass sie den Zug von der Wand her

spüren. Durch einen Schirm zwischen Bett und Wand kann man diesen Klagen abhelfen.

Die Durchgängigkeit von Bruchsteinen wird grosse Verschiedenheiten zeigen. Der trockene Mörtel lässt aber die Luft mit Leichtigkeit passiren, sodass also auch Wände, die aus Bruchsteinen und Mörtel zusammengesetzt sind, eine grosse Permeabilität für Luft besitzen.

Versuche über den durch die Wand stattfindenden Luftwechsel lehren, dass dieser nicht unbedeutend sein kann. Pettenkofer bestimmte in einem kleinen Zimmer, das nur mit einer Wand direct in's Freie sieht, in 4 Versuchen die freiwillige Ventilation in runden Zahlen auf:

I =	95	Cubikmeter	in der Stunde
II =	74	,,	,,
III =	22	,,	,,
IV =	54	,,	,,

Dabei machte es keinen irgend auffallenden Unterschied, ob alle Ritzen der Thüren und Fenster etc. auf das Sorgfältigste verklebt waren. Es ergiebt sich daraus, dass die unzähligen feinen Porenöffnungen der Wand, mit denen die innere Luft des Zimmers mit der freien Luft communicirt, zusammen viel mehr Luft eintreten lassen als die Spaltenräume, die unserem Blick auffallen.

Auf die Grösse des Luftwechsels durch die Wand ist selbstverständlich vor allem der Unterschied in den Temperaturen der communicirenden Lufträume von Wichtigkeit. Je grösser die Differenz sich stellt, desto mehr Luft wird ein- und ausströmen. Dieser Satz wird durch die Pettenkofer'schen Versuche vollkommen anschaulich gemacht. Der oben angeführte Versuch I wurde am 7. März, der II. am 9. desselben Monats, der III. am 20. October, der IV. am 11. December angestellt. Bei dem Versuche

I betrug die durchschnittliche Temperaturdifferenz im Zimmer und im Freien:

	20°	und die in 1 Stunde eintretende Luftmenge	95	Cubikmeter
II	19°	,,	74	,,
III	4°	,,	22	,,
IV	19°	,,	54	,,

Im Winter kann also für einige Ventilation schon dadurch gesorgt werden, dass man eine möglichst constant höhere Temperatur im Zimmer als im Freien erhält. Sinkt die Temperatur in dem Wohnraume mehr und mehr, so nimmt auch die Lufterneuerung durch die Wände ab; eine Luft die vorhin noch ziemlich gut war, kann jetzt, da sie nicht mehr genügend erneuert wird, übelriechend und ungesund werden. Daher rührt es, dass eine kalte Luft im Zimmer so schädlich ist, während kalte Luft im Freien an sich keine nachtheiligen Folgen zeigt. Die in den meist überfüllten Wohnungen im Winter frierenden Armen leben also dabei auch noch in schlechter, verdorbener Luft. Die Unterstützung der Armen im Winter mit Brennmaterial ist also eine sanitätspolizeiliche Maassregel von grosser Bedeutung und Tragweite.

Die von Pettenkofer angeführten Ventilationsgrössen durch die Zimmerwände sind selbstverständlich auf andere Zimmer nicht direct übertragbar. Das von ihm untersuchte Zimmer hat einen Rauminhalt von etwa 3000 Cubikfuss. Die eine gegen das Freie stehende Wand, durch welche natürlich vor

allein die Lufterneuerung erfolgte, hatte sammt den 2 Fenstern circa 225 Quadratfuss Fläche. Bei grösseren Wänden, bei anderen Verhältnissen von Ventilationswand zum Zimmerraum werden sich die Verhältnisse bedeutend modificiren.

Soviel Allgemeines ergeben die angeführten Zahlen aber doch, dass wir daraus entnehmen können, dass die natürliche Wandventilation nicht ausreicht, um die Luftverderbniss hintanzuhalten, wenn mehr als ein Individuum ein derartig grosses Zimmer bewohnt. Die freiwillige Ventilation zeigt sich sehr veränderlich, aber jedenfalls hält sie sich stets in nur kleinen Grenzen. Wir sehen daraus weiter, dass wenn wir ganz von künstlicher Ventilation absehen, der geforderte Luftraum für den Einzelnen von im Maximum 1000 Cubikfuss auf das Dreifache erhöht werden müsste um wirklich auszureichen, und diese Grösse würde nur für den Gesunden Geltung haben, während bei dem Kranken mit gesteigerter Ausdunstung, riechenden Wunden etc. das Luftbedürfniss sich noch sehr steigern wird.

Die Erfahrungen in den letzten Kriegen haben gelehrt, dass man unter Umständen mit der natürlichen Ventilation vollkommen ausreichen kann, wenn man die Krankenzimmer sehr sparsam mit Kranken belegt. Der Evacuation der Kriegsspitäler haben wir es vor allem zu danken, dass in dem deutschen Kriege die sonst so gefürchteten Feinde des Lebens der Verwundeten: Pyämie, Septicämie, Hospitalbrand etc. kaum bemerkbar wurden.

Die Porosität der Wände hört sogleich auf, sowie die letzteren feucht werden. Neuerrichtete Wände und Häuser zeigen noch keine genügende natürliche Ventilation wegen der noch feuchten Wände. Sie kann durch die Fenster- und Thürritzen nicht ersetzt werden, wie wir schon oben erkannt haben. Daraus erklärt sich die Gefahr neuer oder sonst feuchter Wohnungen für die Gesundheit. Am aller schädlichsten wirkt dieser Factor natürlich in Krankenzimmern und Spitälern, wo das Luftbedürfniss noch so sehr steigt.

Die natürliche Ventilation durch die Wände kann in etwas durch Ofenheizung im Zimmer gesteigert werden.

Man hat früher die Wirkung der Heizung im Zimmer, der offenen Kamine etc. auf die Ventilation bedeutend überschätzt. Nach directen Messungen Pettenkofer's erhöht ein lebhaftes Feuer im Ofen den Luftwechsel durch die natürliche Ventilation nur um etwa 40 Cubikmeter in der Stunde, im günstigsten Falle um 90 Cubikmeter. Es liefert also die offene Heizung nur eine etwa für einen einzigen Menschen genügende Luftmenge. Wir sehen aber doch, dass immerhin die offene Heizung im Zimmer zur Ventilation desselben nicht unbedeutend beitragen kann.

In Zeiten, in denen das Oeffnen der Fenster gestattet ist, haben wir hierin eine nicht unbedeutende und oft ausreichende Ventilationsunterstützung. Es ist klar, dass bei sonst gleichen Verhältnissen in derselben Zeit mehr Luft durch grössere als durch kleinere Oeffnungen in unsere Zimmer strömen wird. Natürlich steigt und fällt auch hier die absolute Menge der einströmenden Luft mit der Zu- und Abnahme der Temperaturdifferenzen. Wir wissen längst, dass wir je nach der Temperatur und dem Winde im Freien, das Fenster eines Zimmers verschieden lang offen zu halten haben, um vollkommen zu lüften. Im Winter zeigt sich eine halbe Stunde so wirksam wie im Sommer ein halber

Tag. Auch die Grösse der zu öffnenden Fenster wird dadurch von Wichtigkeit und Bedeutung. Bei einem Versuche Pettenkofer's stieg nach dem Oeffnen eines Fensterflügels von $9\frac{1}{2}$ Quadratfuss Fläche die stündliche natürliche Ventilation von 7 Cubikmeter in der Stunde auf das Doppelte, auf 14 Cubikmeter.

Das Oeffnen der Fenster ist also für Erhaltung einer reinen Luft sehr wichtig. In Kriegsspitälern, in denen der Krankenstand (besonders bei vielen eiternden Flächen) nicht sogleich vermindert werden konnte, hat sich das Ausheben der Fenster und nur gelegentlicher Verschluss derselben mit Fensterläden sehr zweckmässig erwiesen. Bekannt sind die Arkaden in Kissingen, in denen die schwer Verwundeten halb im Freien sich am besten befanden. Das Pavillon- und Zeltsystem aus dem amerikanischen Bürgerkriege stammend hat die gleiche sanitätische Bedeutung.

Es ist für die Erhaltung des Lebens weit besser, dass ein Verwundeter mit starker Eiterung (— ebenso eine Entbundene —) auf offener Strasse liegt als in einem überfüllten, nicht genügend ventilirten Raume.

Wenn wir manche neugebaute Kranken- oder Gebärhäuser betrachten, so staunen wir, wie wenig man bei Anlage solcher Anstalten noch immer den Anforderungen der Wissenschaft Rechnung trägt. Selbstverständlich ist ein grosser viereckiger Hausstock die schlechteste Form für ein solches Haus. Krankenhäuser sollen stets luftige, besonders schmale Gebäude sein, welche der natürlichen Ventilation möglichst viel in's Freie sehende Wand darbieten, mit grossen Fenstern, denen ein Gegenzug durch gegenüberstehende Fenster oder Thüren gemacht werden kann; die Fronte nach Süden gerichtet; möglichst ohne Seitenflügel. Dasselbe Erforderniss gilt für Kasernen, Seminare, Strafanstalten etc.

Es ist einleuchtend, dass, wenn wir einmal eine schlechte Luft für schädlich erklären, wir sie dann von Rechtswegen nirgendwo dulden dürfen. Der schädliche Einfluss wird sich aber mindern, wenn der Aufenthalt in weniger guter Luft nur für kürzere Zeit stattfindet. In Kirchen und Hörsälen werden wir eine geringere Ventilation weniger beanstanden. Anders ist es in Schulzimmern, in denen sich Kinder, auf deren zarteren Organismus alle Schädlichkeiten noch stärker einwirken, den grössten Theil des Tages zusammengepfercht aufhalten. Hier muss eine verständige Gesundheitspflege stets für möglichst reine Luft sorgen und zwar durch künstliche Ventilation, da die natürliche höchstens vielleicht im Sommer bei beständig geöffneten Fenstern ausreichen würde, die Luft, in die so viele Personen ihre Ausdünstungen ergiessen, rein zu erhalten.

Dasselbe sollte für Schenkstuben und Wirthshäuser verlangt werden. —

Die Reinheit und Gesundheit der Luft in Wohnräumen wird nicht allein durch die Ausdünstung des Menschen selbst beeinträchtigt. Ein gesundes Geruchsorgan belehrt uns, dass vor allem auch die Unrathstellen in und bei unseren Wohnungen, besonders die Abtritte und Gruben etc., die Luft verunreinigen. Und wir dürfen nicht vergessen, dass für unsere Sinne nicht alle Verunreinigungen wahrnehmbar sind. Wir kennen eine Anzahl von giftigen Gasen, z. B. Kohlenoxydgas, die durch Nichts dem Geruchsinn ihre Gegenwart verrathen. Es ist nicht unwahrscheinlich, dass wir bei näherem Eindringen in die Kenntniss der gasförmigen Stoffe, welche von Fäulnissherden der Luft

beigemischt werden, die Reihe dieser besonders gefahrdrohenden, weil unmerklichen Gifte noch bedeutend vermehren müssen.

Die neueren Untersuchungen lassen kaum mehr einen Zweifel, dass das Typhus- und Choleragift, wenn wir uns einer etwas uneigentlichen Bezeichnung bedienen dürfen, in die Luft aus faulenden Excrementen gelangen. C. Thiersch hat zuerst nachgewiesen, dass die Choleradejectionen einen specifischen Stoff entwickeln, welcher auch bei Thieren choleraartige Erscheinungen hervorrufen kann. Vielleicht sind diese Gifte nur in so geringen Spuren in der Luft vorhanden, dass sie sich eines Nachweises für immer entziehen können. Trotzdem können sie eingeathmet ihre Schädlichkeiten entfalten. Denn wir wissen, dass die Luftmenge, welche ein Mensch täglich in seine Lungen aufnimmt, eine so bedeutende ist, dass die Quantitäten der Luft, die wir zu einer Analyse verwenden können, dagegen sehr gering erscheinen, sodass auch Stoffe, welche procentig in minimalen Quantitäten darin vorkommen, doch absolut in nicht ganz kleinen Dosen zur Wirkung gelangen können. Rechnet man jeden Athemzug im Durchschnitt zu $^1/_2$ Liter und rechnen wir zwölf Athemzüge im Mittel in der Minute, so ergeben sich für 24 Stunden 17280 Athemzüge, die mehr als 8000 Liter oder 320 Cubikfuss Luft in die Lunge einführen.

Besonders in Städten ist der Boden, auf welchem die Häuser stehen, durch das Einsickern der menschlichen Abfälle in hohem Maasse mit organischen, faulenden Substanzen imprägnirt. Die Ausdünstungen des Bodens mischen sich beständig der Luft unserer Wohnungen bei; wir athmen und wohnen dadurch in unreiner Luft, die im hohem Maasse schädliche Einwirkungen ausüben kann. Viel häufiger ist diese Ausdünstung des Bodens nach Pettenkofer der Grund der Erkrankungen als das Brunnenwasser, in welchem wir in einigen Fällen den Träger der krankmachenden Ursache erkannt haben. Zu dem älteren bei der Besprechung des Wassers als Nahrungsmittel schon aus London erwähnten Falle, bei welchem es sich constatiren liess, dass der Cholerakeim (in Choleraexcrementen) mit dem Trinkwasser verschleppt wurde, kamen im letzten Jahre neue Beweise hinzu.

Nach dem Berichte des Registrar-General lässt sich ein sehr auffallender Zusammenhang der Heftigkeit der letzten Epidemie je nach der Qualität des Wassers, mit dem die einzelnen Quartiere Londons versorgt werden, erkennen. Die von den beiden Thames Water Companies versorgten Districte zeigten eine Sterblichkeit von 11,3 und 13,2 auf 10000 der Bevölkerung; drei durch andere Gesellschaften versorgte Districte hatten 20,3, 12,6 und 19,3. Diejenigen, deren Wasserleitung aus dem oberen Laufe des Flüsschens Lea gespeist wurde, hatten 17,1 auf 10000, dagegen zeigte der von der East London Compagny aus dem tieferen Theile des Flüsschens Lea und dem Old Ford Reservoir versorgte District die verhältnissmässig enorme Mortalität von 94,3 auf 10000.

Wenn wir also auch in dem Trinkwasser ein nicht wegzuleugnendes Moment für Erkrankung anerkennen müssen, so sehen wir die aus dem Boden stammende Unreinheit der Luft in weit grösserem Maassstabe für die Gesundheit in Frage kommen. Der Cholerakeim entwickelt sich aus den Choleradejectionen nur im Erdboden; auch bei der Uebertragung der Cholera durch das Wasser scheint der Keim zunächst in den Boden gelangen zu müssen, um zur Wirkung zu kommen (Pettenkofer).

Es scheint kaum möglich, die Vergiftung, die der Boden seit dem Bestehen der Städte und Wohnräume erfahren hat, durch Desinfection des Bodens wieder zu beseitigen. Es unterliegt keinem Zweifel, dass wenn kein neuer Nachschub von organischen Materien in den Boden gelangt, die darin enthaltenen, krankheiterzeugenden Stoffe nach einer längeren oder kürzeren Zeit durch die eindringende Luft zerstört sein werden. Es kommt also vor allem darauf an, der Fortsetzung der Verunreinigungen des Bodens zu steuern. Es dürfen die Abwasser der Häuser und Fabriken, die mit organischen Stoffen arbeiten, besonders aber die Excremente der Thiere und Menschen nicht mehr in den Boden gelangen, wohin man sie früher systematisch eindringen liess. An einer anderen Stelle wurde schon die wasserdichte Anlage aller Abzugscanäle, die sich besonders durch Cementirung erreichen lässt, als Nothwendigkeit gefordert. Es ist aber einleuchtend, dass sich auch die Einleitung dieser Abzugscanäle in Flüsse, worauf sie stets berechnet sind, auch wenn sie, wie das bisher kaum irgendwo vollkommen vermieden ist, keine Flüssigkeiten aus sich in den Boden sinken lassen, nicht ganz gefahrlos sein kann. Auch aus den Flüssen können krankmachende Dünste aufsteigen, und in Städten wie London und Paris, in denen das Flusswasser gereinigt das einzige Trinkwasser ist, kommt noch die Gefahr der Krankheitsverschleppung durch das Trinkwasser hinzu.

Es scheint am besten überall das ursprünglich chinesische System der Abtrittfässer (fosses mobiles) einzuführen, welche die Verunreinigung des Bodens verhindern und die Benützung der fraglichen Stoffe für die Landwirthschaft ermöglichen, der sie die grössten Dienste leisten können*).

Für die richtige Ventilation der Wohnhäuser ist die Anlage der **Abtritte** von grosser Wichtigkeit.

Durch die Abtritte stehen die Häuser gewöhnlich mit den Abtrittgruben, also mit Räumen voll fauliger Substanzen, in directer Luftverbindung. Dasselbe ist der Fall in Küchen durch Ausgüsse, welche direct in ein unterirdisches Canalsystem münden, in denen die Abfälle der Stadttheile weggeschwemmt werden sollen.

Im Winter, wenn die Wohnungen geheizt und dadurch wärmer sind als die Umgebung des Hauses, findet durch diese grossen Oeffnungen ein gewaltiger Luftstrom aus diesen Orten der Verwesung und des Ekels seinen Weg in die Häuser. Der widerliche Geruch besonders auf Treppen und Vorplätzen in der Nähe der Abtritte — meist sind sie direct neben der Küche!! — giebt uns

---

*) Man hat bei Anilinfabriken gesehen, dass in weiter Umgebung der Boden durch sie mit Arsenik geschwängert werden kann. Man muss diesen Bodenzustand ganz gewiss als einen pathologischen betrachten, kann er doch so bedeutend werden, dass sich Arsenik in krankmachender Quantität dem Trinkwasser beizumischen vermag. Es liesse sich aber fragen, ob man nicht durch Benutzung der arsenhaltigen Abfälle der Anilinfabriken, bei der bekannten fäulnissverhindernden Wirkung des Arsens, den Boden durch eine mässige Arseninfiltration in Beziehung auf seine organischen Stoffe desinficiren könnte. Die Frage wäre bei der sonstigen Unbenutzbarkeit der an sich giftigen Abfälle der Anilinfabriken wohl einer Experimentirung werth. Eine so geringe Beimischung von Arsen zum Boden, wie sie hier in Frage käme, könnte für die Gesundheit kaum nachtheilig sein. Sehen wir doch in der Nähe von Arsenwerken auf viel stärker arsenhaltigem Boden eine gesunde Bevölkerung wohnen. An den Arsenikgenuss der Steyerschen Landbevölkerung brauche ich nicht zu erinnern. Leider ist die Wirkung aller Desinfectionsmittel nur eine beschränkte, sodass auch der hier gegebene Gedanke kein a u s r e i c h e n d e s Resultat geben wird.

von dieser Art der ekelhaftesten Lufterneuerung Kenntniss. Jede Lichtflamme in die Nähe der fraglichen Oeffnungen gehalten, zeigt uns durch ihre Bewegung die Richtung des Luftstromes an, der bei grösseren Temperaturdifferenzen sich bis zum hörbarrauschenden Zugwind steigern kann.

Hier bedarf es einer möglichst vollkommenen Abhülfe. Man kann durch Wasserverschluss der Oeffnungen (Waterclosets) das Eindringen der Luft in die Wohnungen verhindern. Wo keine sonstige Abhülfe nöthig ist, ist dieses das sicherste Mittel, die Abtritt- und Gossenluft aus den Wohnräumen abzuhalten. Mit verhältnissmässig wenig Wasser, das man aus einem täglich gefüllten Wasserreservoir, im Abtritte selbst stehend, zufliessen lassen kann, ist dieser Verschluss zu erreichen. Hier helfen keine Aufstellungen von gas- und geruchbindenden Stoffen wie Chlorkalk und Salzsäure. Sie haben denselben Werth wie Räucherungen in Wohnzimmern, die auch in keiner Weise die Ventilation ersetzen können.

In manchen Fällen ist es vielleicht nicht zu schwer durch eine künstliche Ventilation der Abtritträume die Abtrittluft abzuleiten. Man hätte vor allem daran zu denken, den Abtritt mit dem Kamin, der wenigstens während der Winterzeit stets die wärmste Luft des Hauses enthält, durch eine weite Oeffnung oder Rohr zu verbinden, der Luftstrom würde sich dann dorthin ziehen müssen.

Pettenkofer stellt die Aufgabe, den Abtritt im Hause als einen eigenen Zugkamin zu construiren, welcher in einem möglichst luftdicht schliessenden Hauptrohre vom Dache an das Haus durchsetzt. In diese Hauptröhre münden in allen Stockwerken die Abtritte ein, deren Oeffnungen möglichst gut mit einer Klappe verschliessbar sind. In der Röhre, nahe der Mündung im Dache müsste eine Flamme die Luft constant soweit erwärmen, dass in der Röhre ein aufsteigender Luftstrom in die freie Atmosphäre entsteht. Durch diese Einrichtung könnte eine fortwährende Lufterneuerung in dem Abtrittrohre erzielt werden, welche auch dem ganzen Hause zu Gute kommen würde.

Die Verunreinigung der Gesammtatmosphäre, welche in einem ungeheueren Strome über unsere Städte, über die ganze Oberfläche der Erde dahinfliesst, durch die schlechte Luft, die wir ihr zuleiten, kann nicht in Frage kommen. Die Verdünnung wird dort eine fast absolute.

Die Menge der Luft im Freien, sagt Pettenkofer, und ihre Geschwindigkeit ist hinreichend gross, um ihr ohne Nachtheil für unsere Gesundheit die Ausdünstung aller Abtrittrohre einer Stadt übergeben zu können, welche sofort ebenso verdünnt werden, wie die viel grösseren Mengen Kohlensäure, welche die grosse mit Steinkohlenfeuer betriebene Fabrikindustrie von Manchester beständig in die Luft haucht, welche über die Stadt zieht, ohne dass in ihren Strassen und Plätzen selbst nach den empfindlichsten Methoden eine Vermehrung des Kohlensäuregehaltes der Luft nachzuweisen ist.

Wenn wir die Verunreinigung der Luft in die Gesammtatmosphäre gestatten, dagegen die unserer Wohnungen so sorgfältig vermieden haben wollen, so erinnern wir uns dabei daran, dass auch im bestventilirten Hause die Luftbewegung noch um das Hunderttausendfache geringer ist als im Freien. In der Luft des Hauses können sich die gefahrbringenden, gasförmigen Stoffe in merklicher Quantität anhäufen, während das in der stets bewegten Gesammtatmosphäre nicht möglich ist.

Pettenkofer berechnet, dass ein Mensch, welcher im Zimmer das Normalquantum Luft also 60 Cubikmeter in der Stunde erhält, im Freien, bei einer mittleren Luftgeschwindigkeit von 10 Fuss in der Secunde, 202500 Cubikmeter erhalten würde.

Bei Windstille ist die Bewegung der Luft immer noch 2 Fuss in der Secunde, bei stärkstem Sturme (Hurrican) geben ältere Beobachtungen die Windgeschwindigkeit auf 146,7 Fuss an.

Pettenkofer's Methode der Kohlensäurebestimmung in der Luft.

Wir haben der Wichtigkeit des Gegenstandes entsprechend noch die Methode kennen zu lernen, welche Pettenkofer zur Bestimmung der Kohlensäure in der Zimmerluft und damit indirect zur Bestimmung der Ventilation erfand.

Gehen wir zuerst auf die letztere Aufgabe näher ein.

Es muss ein Weg gefunden werden, die Abnahme der Kohlensäure in ein kubisches Maass für die zufliessende frische Luft zu verwandeln. Es ist offenbar, dass wir in der wechselnden Grösse des Kohlensäuregehalts der Zimmerluft und im Kohlensäuregehalt der freien Luft die Elemente der Rechnung suchen müssen. Seidel construirte eine mathematische Formel, nach welcher sich die zwischen dem Zeitraume zweier Kohlensäurebestimmungen zufliessende Menge frischer Luft berechnen lässt. Der Rechnung liegt die ohne Zweifel richtige Annahme zu Grunde, dass die frische Luft sich beständig mit der Zimmerluft mische, und dass desshalb auch beständig eine Mischung von alter und neuer Luft den Raum verlasse.

Wenn m das Volum der Zimmerluft, p deren anfänglicher Kohlensäuregehalt pro mille, ferner a der Kohlensäuregehalt des Volums m nach einer bestimmten Zeit, ferner q der Kohlensäuregehalt der frischen Luft ist, so findet man das Volum frischer Luft y, welches inzwischen einfliessen müsste, um den Kohlensäuregehalt des Volums m von p auf a zu erniedrigen, in folgender Formel ausgedrückt:

$$y = 2{,}30258 \ . \ . \ m \ . \ \text{Log} \frac{p-a}{a-q}$$

Log. bedeutet den tabulären Logarithmus, welcher als Differenz zweier Logarithmen gefunden wird:

$$\text{Log} \frac{p-a}{a-q} = \text{Log}\ (p-a) - \text{Log}\ (a-q)$$

In folgender Tabelle findet sich eine solche Beobachtung von Pettenkofer zusammengestellt. Es ist angegeben, wie viel auf 1000 Cubikfuss Zimmerluft zwischen 2 Beobachtungen frische Luft sich beigemischt hat. Der Kohlensäuregehalt der frischen Luft kann stets zu 0,5 pro mille angenommen werden.

Beobachtungszeit. Stunden.	Beobachtungszeit. Minuten.	CO_2 Gehalt der Zimmerluft in 1000 Vol.	Berechneter Luftwechsel auf 1000 C. F. Zimmerluft in Cubikfussen.	Temperatur im Zimmer.	Temperatur im Freien.	Luftwechsel auf 1000 C. F. per Stunde Zimmerluft in Cubikfussen.	Mittel per Stunde in Cubikfussen.
12	30′	6,00	—	30	6	—	
1	—	3,07	761	25	,,	1522	1273,1
1	30	2,04	512,1	24	,,	1024,2	

Um die Ventilation eines Raumes mittelst der Abnahme des Kohlensäuregehaltes zu bestimmen, verfährt man also so, dass man Kohlensäure in dem betreffenden Raume (am besten durch Aufgiessen einer Säure auf trockenes kohlensaures Natron) in grösserer Menge entwickelt und die Luft mit einem grossen Fächer mischt. Nun bestimmt man in einer Luft-

probe die Kohlensäure nach der PETTENKOFER'schen Methode. Diese Bestimmung ergiebt uns das p der Formel. Nach etwa $1/2$ Stunde nimmt man eine neue Luftprobe und bestimmt auch in dieser den Kohlensäuregehalt $= a$.

Aus der sich ergebenden Abnahme an Kohlensäure kann man nun, wenn das Luftvolum im Zimmer $= m$ bekannt ist (aus der Multiplication der Länge des Zimmers in Fussen mit der Breite und Höhe desselben), nach der Formel von SEIDEL die Grösse der inzwischen eingeströmten Luft messen; q wird immer $= 0,5$ angenommen.

Die Zumischung von Kohlensäure zu der Zimmerluft, durch das Athmen des die Luftprobe zur Analyse Nehmenden, kann vernachlässigt werden, besonders wenn die anfängliche Kohlensäuremenge $= p$ (aus doppelt kohlensaurem Natron entwickelt) nicht zu klein ist.

Die eigentliche Methode der Kohlensäurebestimmung nach PETTENKOFER beruht wie alle sonstigen darauf, dass Alkalien die Kohlensäure begierig absorbiren. Wenn man ein abgeschlossenes Volumen Luft in einer Flasche z. B. mit Kalkwasser oder noch besser mit Barytwasser längere Zeit schüttelt, so entsteht von dem sich bildenden kohlensauren Baryte oder Kalke eine weisse Trübung der eingegossenen Flüssigkeit und die Luft wird vollkommen kohlensäurefrei.

Hat man in einem dem eingegossenen Volum gleichen Volum des Kalk- oder Barytwassers vorher durch eine Säure, am besten Oxalsäure, den Alkaligehalt bestimmt, indem man prüfte wieviel Oxalsäure zugesetzt werden musste, bis die Flüssigkeit eben gelbes Curcumapapier nicht mehr bräunte, also neutral reagirte, so wird nach dem Schütteln mit Luft das nun theilweise mit Kohlensäure gesättigte gleiche Volum der sonst gleichen Flüssigkeit weniger Oxalsäure zur Neutralisirung bedürfen.

Die Neutralisirung geschieht nach der Methode der Titrirung.

Man bereitet sich dazu zuerst eine normale Säurelösung, deren Gehalt an Säure man so genau kennt, dass man ihn für jeden Theil eines Cubikcentimeters angeben kann.

Man wiegt zu diesem Zwecke von reiner, krystallisirter, einige Stunden mit einer Glasglocke gedeckt über concentrirter Schwefelsäure gestandener Oxalsäure, welche die Eigenschaft hat, trocken an der Luft weder Wasser anzuziehen noch abzugeben, mit genauen Gewichten auf einer feinen chemischen Waage

2,8636 Grammen

ab und bringt sie in 1 Liter destillirtes Wasser von 12—16°C. Nach erfolgter Mischung und Lösung ist die Säure zum Gebrauche fertig. Es entspricht nun genau 1 Cub. Centimeter der Säure ein Milligramm Kohlensäure, und wenn man weiss, wie viele Cubikcentimeter dieser Oxalsäurelösung man zum Neutralisiren eines Barytwassers gebraucht, so weiss man auch, wie viele Milligramme Kohlensäure man dazu nöthig gehabt hätte.

Der Arzt, dem keine feine chemische Waage zu Gebote steht, lässt sich am besten in einer chemischen Fabrik oder bei einem gut chemisch gebildeten Apotheker von lufttrockener reiner (öfters umkrystallisirter) Oxalsäure je Portionen von 2,8636 Gramm abwiegen und in gut verschlossenen Gläschen zustellen. Er bedarf dann nur eines Litergefässes, (das auch in jeder guten Apotheke vorräthig ist), um sich jederzeit die Normalsäure herzustellen. Die Normalsäure wird in einer gut mit einem Glasstöpsel verschliessbaren Flasche zum Gebrauch in einem Schranke aufbewahrt. Nach längerem Stehen zersetzt sie sich oder wird schimmlig.

Bei Bereitung des Kalkwassers wird gelöschter Kalk in einer grossen Flasche mit Wasser übergossen. Nachdem sich der Kalk im Wasser abgesetzt hat, giesst man die ganze erste, noch unreine Portion des Wassers weg und dafür frisches Wasser auf und schüttelt länger. Nach einiger Zeit Stehen, hat sich die Flüssigkeit geklärt, man giesst sie klar nun in mehrere kleine Flaschen mit etwas weitem Halse, sodass man mit einer Pipette hinein gelangen kann und verkorkt sie sorgfältig. Für längeres Aufbewahren umgiesst man den Kork mit Wachs oder Siegellack. Die alkalische Reaction des Kalkes verschwindet weniger sicher als die des Baryts, zu allen feinen Versuchen hat man sich darum des Barytwassers zu bedienen.

Zur Bereitung der Barytlösung wird Aetzbaryt in einer Flasche mit destillirtem Wasser übergossen und lang und stark geschüttelt. Nach einigem Stehen hat er sich geklärt durch

Absitzen des ungelösten Barytes. Ist die Lösung wirklich mit Baryt gesättigt, so verdünnt man sie zum Gebrauch etwa auf das Dreifache. Die Aufbewahrung geschieht ebenfalls in kleinen gut verschlossenen Fläschchen, da bei dem Oeffnen derselben ziemlich leicht Kohlensäure angezogen und der Titer dadurch verändert wird. Man hat zweckmässig zwei verschieden starke Barytlösungen, die eine starke, von welcher 30 Ccm. etwa 90 Milligramm Kohlensäure zur Neutralisirung bedürfen und eine schwache, von welcher 30 Ccm. nur 30 Milligramm Kohlensäure entsprechen. Die letztere ist für die vorliegenden Bestimmungen am passendsten.

Zur Ausführung der Bestimmung, wie viel Normalsäure zur Neutralisirung einer bestimmten Menge unserer Kalk- oder Barytlösung erforderlich ist, bedarf man nun noch an chemischen Instrumenten

1) eine Mohr'sche Burette mit Quetschhahn, deren Theilung circa 50 Cubikcentimeter umfasst und an der jeder Cubikcentimeter in 5 Theile getheilt ist, sodass man von 0,2 Cubikcentimeter zu 0,2 Cubikcentimeter fortschreitend die Säure in die alkalische Lösung ausfliessen lassen kann.

2) Zwei Saugpipetten, von welchen die eine genau 30 Cubikcentimeter aus einer Flüssigkeit herauszusaugen erlaubt, die andere 45 Ccm.

3) mehrere Medicingläschen von circa 3 Unzen = 90 Cubikcentimeter Inhalt.

4) einen langen Glasstab.

Zur Bestimmung hebt man mit der Saugpipette 30 Ccm. Kalkwasser oder Barytwasser aus, und lässt sie in eines der Medicingläschen fliessen.

Die Burette, die in einem Burettenständer befestigt ist, hat man schon vorher bis zum obersten Theilstriche (0Ccm.) mit der Normalsäure gefüllt. Nun lässt man durch Oeffnen des Quetschhahnes von der Säure in das Kalk- oder Barytwasser fliessen. (30 Ccm. gesättigtes Kalkwasser erfordern zwischen 34—39 Cubikcentimeter der Oxalsäurelösung; bei Barytwasser ist es gut, sich eine ähnlich starke Lösung durch zweckmässiges Verdünnen der gesättigten Lösung herzustellen.) Man nähert sich sehr vorsichtig dem Puncte (indem man in seiner Nähe nur von Zehntel zu Zehntel Säure zufliessen lässt und immer wieder auf dem gelben Papiere prüft), an welchem die alkalische Reaction verschwindet, ohne dass noch die saure aufgetreten wäre. Bevor man einen Tropfen zur Prüfung auf die Reaction herausnimmt, muss die Flüssigkeit natürlich gut geschüttelt werden. Man verschliesst dazu mit dem Daumen die Oeffnung des Gläschens und schüttelt stark; der Daumen wird dann am Rand des Gläschens rein gestrichen, sodass die anhaftende Flüssigkeit in das Gläschen zurückfliesst.

Die Reactionsprüfung geschieht so, dass man mit einem reinen Glasstab einen Tropfen aus der Flüssigkeit herausnimmt und auf empfindliches Curcumapapier bringt. Im Umkreise des Tropfens färbt sich das Papier braun, es entsteht ein mehr oder weniger deutlich rothbrauner Ring, so lange die alkalische Reaction noch vorhanden ist. An der Grenze der Neutralisirung bedarf es einiger Aufmerksamkeit und Uebung, um zu entscheiden, ob nun eben keine bräunliche Färbung mehr sichtbar ist.

Um die Kohlensäure in der Luft mit Sicherheit zu bestimmen, genügen 6 Liter selbst für Luft aus dem Freien, welche nur 0,5 Vol. pro mille Kohlensäure enthält. Für die Bestimmung in stark bewohnten Räumen genügen als Versuchsmenge 3 Liter Luft.

Man wählt dazu Glaskolben oder Wasserflaschen mit einem so weiten Halse, dass eine längliche 45 Cubikcentimeter fassende Saugpipette bequem hereingehalten werden kann. Der überstehende Rand des Halses wird horizontal abgeschliffen und der Rauminhalt der Flasche durch Ausmessen mit destillirtem Wasser, das man aus einem Messgefäss, welches in Cubikcentimeter getheilt ist, einfliessen lässt, möglichst genau bestimmt. Auch die Temperatur des Wassers muss bestimmt werden. Die Calibrirung der Flasche kann auch durch Wägung geschehen, indem man zuerst die ganz trockene Flasche leer, dann mit destillirtem Wasser bis an den Rand gefüllt, abwiegt. Die Gewichtszunahme giebt mit Berücksichtigung der Temperatur das Volum an. Die zur Wägung benützte Waage muss bei 6 Kilogramm Belastung noch Gewichtsunterschiede von wenigstens 1 Gramm genau angeben. Die Anzahl

der Cubikcentimeter, welche den Inhalt der Flasche ausdrücken, wird am besten mit Diamant auf die Flasche geschrieben.

Vor Anwendung zur Kohlensäurebestimmung müssen die Flaschen inwendig ganz trocken sein. Man trocknet sie auf oder an einem Ofen und erleichtert die Wasserabgabe nach der Erfahrung der Hausfrauen dadurch, dass man 2—3 Holzstäbchen aus weichem Holz in die Flasche stellt, welche das Wasser ansaugen. Die getrocknete Flasche stellt man an den Platz, wo man die Luft untersuchen will, damit das Glas die Temperatur der zu untersuchenden Luft annehme. Neben die Flasche stellt man ein Thermometer. Sobald sich die Temperatur constant zeigt, kann man damit beginnen, die Flasche mit Luft zu füllen. Dazu bedient man sich eines kleinen Handblasebalges, an dessen Ausblaserohr man ein Kautschukrohr angestellt hat, das bis auf den Grund der Flasche reicht. Ein kleiner Blasebalg fördert durch einen Stoss etwa $1/2$ Liter Luft; um die Flasche mit der zu untersuchenden Luft anzufüllen, muss man bei 6 Liter Flascheninhalt 60 mal einblasen; bei 30 Liter Inhalt also 30 mal.

Wenn dieses geschehen ist, so bringt man mit einer Saugpipette, die man ziemlich tief in die Flasche hält, 45 Cubikcentimeter Kalk- oder Barytwasser in die Flasche und verschliesst luftdicht, am einfachsten mit einer eng anschliessenden Kautschukkappe.

Man liest nun Thermometer und Barometerstand ab, um das in der Flasche eingeschlossene Luftvolum (welches selbstverständlich nach dem Eingiessen von 45 Ccm. Barytwasser um dieses Volum kleiner ist als die Zahl der Cubikcentimeter, die auf der Flasche stehen) auf 0^0 und 760 Millimeter Barometerstand reduciren zu können.

Nun bringt man die Flasche in eine fast horizontale Lage und schwenkt sie so, dass das Barytwasser den grössten Theil der Wandungen des Glases benetzt. Diese Bewegung wiederholt man zeitweise. Bei schlecht ventilirten Räumen genügt $1/2$ Stunde, für Luft aus dem Freien 2 Stunden, um alle Kohlensäure zu absorbiren.

Die Absorptionszeit benützt man zur Bestimmung der Säuremenge, welche zur Neutralisirung von 30 Ccm. der eingegossenen Flüssigkeit nöthig ist, eine Bestimmung, welche nach den dafür oben gegebenen Vorschriften stets vor einem neuen Versuche von neuem genau gemacht werden muss, da sich beim Stehen der Titer leicht ändert.

Ist die Absorption der Kohlensäure beendigt, was man durch fleissiges Schwenken der Flasche beschleunigen kann, so wird durch Titriren mit der nämlichen Säure, mit welcher man den Alkaligehalt der 30 Cubikcentimeter der frischen Lösung ermittelt hat, auch die Alkalinität von 30 Ccm. des zur Absorption der Kohlensäure verwendeten Kalkwassers bestimmt. Zu diesem Behufe giesst man das Kalkwasser aus der Flasche in ein enges Becherglas. Um dasjenige, was an den Wänden der Flasche hängen bleibt, nicht sammeln zu müssen, wendet man zur Absorption 45 Ccm. an, und misst von diesen 30 Ccm. ab*), die man genau auf die gleiche Weise in einem Medicinfläschchen neutralisirt, wie dieses oben beschrieben wurde. Wir werden dazu aber um einige Cubikcentimeter weniger Normalsäure verbrauchen als für die frische alkalische Lösung, da in dieser ja nun einiger Kalk oder Baryt durch Kohlensäure neutralisirt ist. Jeder Ccm. Säure, den wir nach der Absorption weniger bis zur Neutralisation zusetzen müssen, entspricht 1 Milligramm Kalk oder Baryt an den Kohlensäure sich gebunden hat. Aus der Bestimmung an den 30 Ccm. rechnet man auf die 45 zur Absorption verwendeten, indem man einfach die Hälfte der in 30Ccm. gefundenen Kohlensäure noch zuaddirt.

Ein Beispiel wird die ganze Methode, welche viel umständlicher zu beschreiben als auszuführen ist, vollkommen klar machen. In den früheren Versuchen wendete Pettenkofer eine Normalsäure, welche im Liter Wasser nur 2,25 Gramm Oxalsäure enthielt. Ein Ccm. derselben neutralisirte 1 Milligramm Kalk oder Baryt. Es verbinden sich aber 14 Gewichts-

*) Man benutzt dazu die gleiche Pipette, die man vorher angewendet hatte. Um sie zu reinigen saugt man ein Paar Ccm. der Kalk- oder Barytlösung in dem Becherglase an und schwenkt sie damit aus. So reinigt man sie stets mit der abzumessenden Flüssigkeit vor jeder Messung.

theile Kalk genau mit 11 Gewichtstheilen Kohlensäure. Mit dieser Bemerkung wird das folgende Beispiel verständlich.

Luft aus dem Freien.

Volumen der Flasche 6140 Cubikcentimeter, mithin nach Abzug der 45 Cubikcentimeter des zugesetzten Barytwassers 6095,

Temperatur der Luft — 1^0 C.
Barometerstand 732 Millimeter.

Volumen der eingeschlossenen Luft auf 0^0C. und 760 Millimeter Barometerstand reducirt 5891 Ccm.

30 Ccm. des verwendeten Kalkwassers erforderten 38,7 Ccm. Oxalsäurelösung.

30 Ccm. Kalkwasser erfordern nach Absorption der Kohlensäure 34,2 Ccm. Oxalsäurelösung, mithin um 4,5 Cubikcentimeter weniger, sodass 4,5 Milligramm Kalk durch Kohlensäure gesättigt waren. In den nicht untersuchten 15 Ccm. Kalkwasser sind mithin noch ferner 2,2 Milligramme Kalk durch Kohlensäure neutralisirt worden. In den 5891 Ccm. Luft war mithin soviel Kohlensäure, dass sie 6,7 Milligramme Kalk neutralisirte, dazu sind (14 : 11) 5,3 Milligramme Kohlensäure erforderlich. 1 Milligramm Kohlensäure ist in Gasform bei 0^0 und 760 Millimeter Barometerstand 0,503 Cubikcentimeter und somit waren in diesem Falle in 5891 Ccm. 2,6659 Ccm. oder 0,452 pro mille enthalten.

Die Methode giebt sehr scharfe und übereinstimmende Resultate. —

Man bedarf nur der sehr wenigen angeführten Instrumente, um sie auszuführen. Die Geschicklichkeit dazu kann sich jeder Arzt erwerben, auch ohne vollkommene Ausbildung in der sonstigen chemischen Technik (Fig. 104).

Zur Berechnung des direct gemessenen Volums von Luft bedürfen wir noch einige Angaben, die wir Fresenius entlehnen:

Specifisches und absolutes Gewicht einiger Gase:

Name des Gases:	Specifisches Gewicht (Luft = 1,0000)	1 Liter = 1000 Cubikcentimeter Gas bei 0^0 und 760 Millimeter Luftdruck wiegt Gramm.
Atmosphärische Luft . .	1,0000	1,29363
Sauerstoff	1,10563	1,43028
Wasserstoff	0,06910	0,08939
Kohlensäure	1,52024	1,96663
Stickstoff	0,96776	1,25192
Ammoniak	0,58753	0,76005

Zur Reduction eines Gasvolums von beliebiger Temperatur auf 0^0 oder eine beliebige andere Temperatur zwischen 0^0 und 100^0 darf man sich folgender Annahmen bedienen, welche für die am häufigsten in Analysen vorkommenden Gase fast absolut richtig sind:

1) Alle Gase dehnen sich zwischen gleichen Temperaturgrenzen gleichviel aus.

2) Die Ausdehnung eines und desselben Gases zwischen denselben Temperaturgrenzen ist unabhängig von seiner anfänglichen Dichtigkeit.

Die Gase dehnen sich für jeden Grad des Celsiusschen Thermometers aus um:

$$\frac{0,3665}{100} = 0,003665$$

Fragen wir somit wieviel Raum nimmt 1 Ccm. Gas von 0^0 bei 10^0 ein, so finden wir:

$$1 \times (1 + 10 \times 0,003665) = 1,03665.$$

Fragt man, wieviel 100 Ccm. von 0^0 bei 10^0, so findet man:

$$100 \times (1 + 10 \times 0,003665), \text{ d. i.}$$
$$100 \times 1,03665 = 103,66500.$$

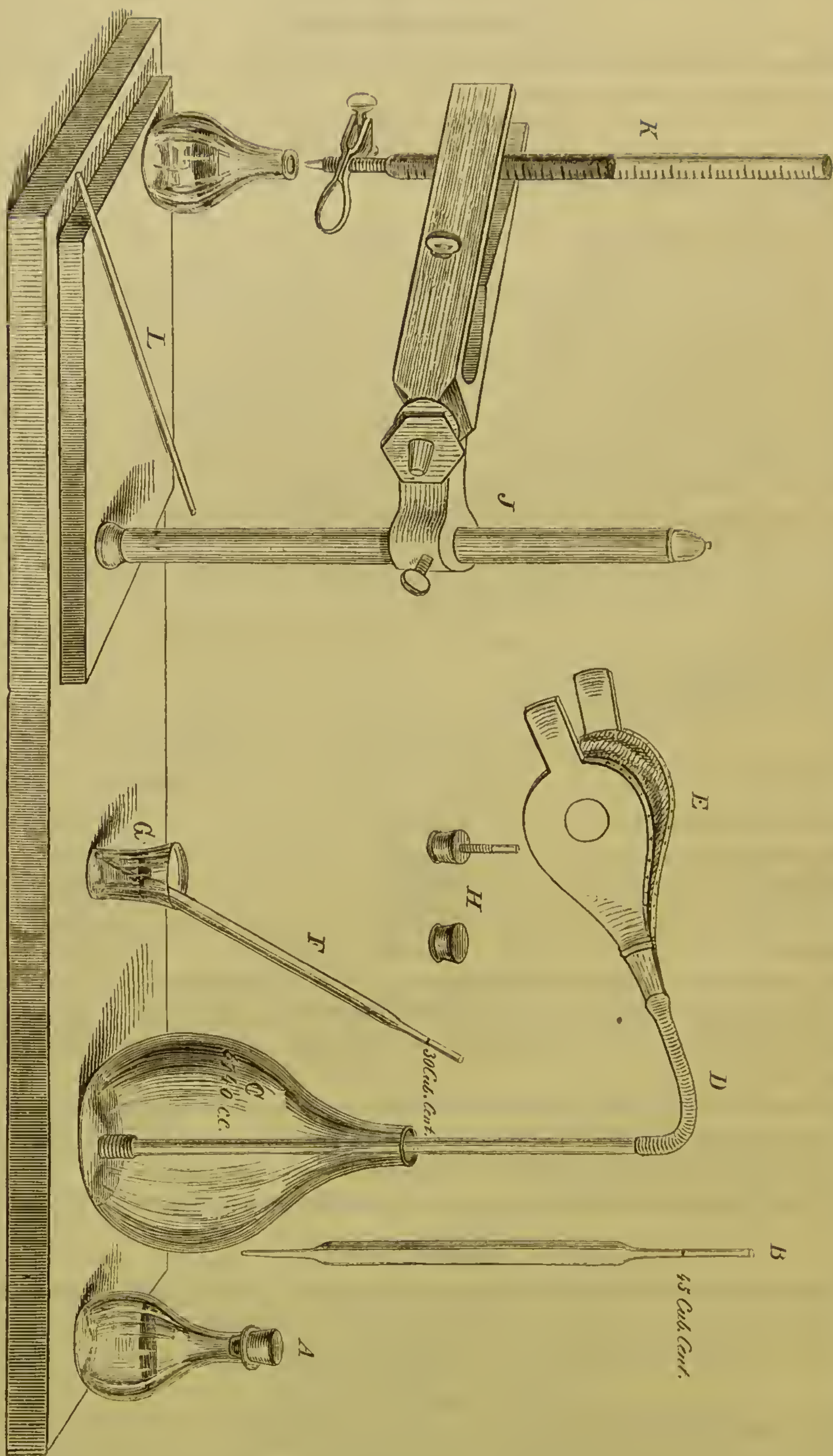
Fragt man wieviel 1 Ccm. von 10^0 bei 0^0, so findet man

$$\frac{1}{(1 + 10 \times 0.003665)} = 0,965;$$

Wieviel sind 103,665 Ccm. von 10^0 bei 0^0?

$$\frac{103,655}{1 + (10 \times 0,003665)} = 100;$$

Mit Worten:



Apparate zur PETTENKOFER'schen Kohlensäurebestimmung.
A. Fläschen mit Barytwasser. *B* u. *F.* Pipetten. *C.* Flasche zur Messung der Luft. *E.* Blasebalg. *D.* Kautschukrohr mit Glasröhre. *G.* Glas mit Waschflüssigkeit. *H.* Hütchen zur Flasche *C.* *K.* Bürette mit Quetschhahn. *J.* Bürettenhalter. *L.* Glasstab.

Will man ein Gasvolumen von einer niedrigeren Temperatur auf eine höhere berechnen, so sucht man zuerst, indem man zu 1 das durch Multiplication der Gradeunterschiede mit

0,003665 erhaltene Product addirt, die Ausdehnung für die Volumeinheit, und multiplicirt dann die so gewonnene Zahl mit der gegebenen Menge der Volumeinheiten. Reducirt man umgekehrt das Gasvolumen von höherer Temperatur auf ein solches von geringerer, so hat man die Menge der Volumeinheiten durch ebengenannte Zahl zu dividiren.

Die Reduction eines Gasvolums von gewisser Dichtigkeit auf einen Barometerstand von 760 Millimeter oder einen beliebigen anderen geschieht mit Zugrundelegung des Mariotte'schen Gesetzes. Nach diesem sind bekanntlich die Volumina der Gase umgekehrt proportional dem Drucke, unter dem sie sich befinden. Ein Gas nimmt demnach einen um so grösseren Raum ein, je geringer der Druck ist, der auf ihm lastet, und einen um so geringeren je grösser dieser ist.

Gesetzt also ein Gas nehme bei einem Druck von 1 Atmosphäre 10 Ccm. ein, so wird es bei einem solchen von 10 Atmosphären 1 Ccm. und bei einem von $^1/_{10}$ Atmosphäre 100 Ccm. einnehmen.

Nichts ist daher einfacher, als die Reduction eines Gases von gegebener Spannung auf den Normalbarometerstand = 760 Millimeter Quecksilber oder auf einen beliebigen anderen.

Wenn ein Gas bei 780 Millimeter 100 Ccm. einnimmt, wie viel wird es bei 760 einnehmen? Jedenfalls mehr und zwar:

$$760 : 780 = 100 : x$$
$$x = 102,63.$$

Wiviel betragen 100 Ccm. Gas, bei 750 Millimeter gemessen, bei 760 Millimeter? Jedenfalls weniger und zwar:

$$760 : 750 = 100 : x$$
$$x = 98,68.$$

Berechnung eines mit Wasserdampf gemischten Gases auf sein Volum in trockenem Zustande.

Es ist bekannt, dass das Wasser bei jeder Temperatur ein Bestreben hat, sich in Gas zu verwandeln. Die Grösse dieses Bestrebens (die Spannung des Wasserdampfes), welche einzig und allein von der Temperatur nicht aber davon, ob das Wasser sich im leeren Raume oder in irgend einer Gasatmosphäre befindet, abhängig ist, pflegt man auszudrücken, indem man die Höhe der Quecksilbersäule angiebt, welche dieser Spannung das Gleichgewicht hält. Folgende Tabelle giebt die Grösse der Spannung für die häufigeren Temperaturgrade an nach Magnus:

Temperatur in Graden C.	Spannkraft in Millimetern.	Temperatur in Graden C.	Spannkraft in Millimetern.
0	4,525	21	18,505
1	4,867	22	19,675
2	5,231	23	20,909
3	5,619	24	22,211
4	6,032	25	23,582
5	6,471	26	25,026
6	6,939	27	26,547
7	7,436	28	28,148
8	7,964	29	29,832
9	8,525	30	31,602
10	9,126	31	33,464
11	9,751	32	35,419
12	10,421	33	37,473
13	11,130	34	39,630
14	11,882	35	41,893
15	12,677	36	44,268
16	13,519	37	46,758
17	14,409	38	49,368
18	15,351	39	52,103
19	16,345	40	54,969
20	17,396		

Hat man demnach ein Gas über Wasser abgesperrt, so ist unter sonst gleichen Umständen sein Volum immer grösser, als wenn es durch kaltes Quecksilber abgesperrt wäre, indem eine der Temperatur des Wassers entsprechende Menge Wasserdampf sich dem Gase beimischt, welcher durch seine Spannung einem Theile der das Gas zusammendrückenden Luftsäule das Gleichgewicht hält, sodass diese nicht ganz zur Wirkung kommen kann. Will man daher den wahren Druck kennen lernen, unter dem sich das Gas befindet, so muss man von dem scheinbaren den durch die Tension des Wasserdampfs in seiner Wirkung aufgehobenen Theil abziehen.

Gesetzt wir hätten bei 770 Millimeter Barometerstand und einer Temperatur des Sperwassers von 10°C. 100 Ccm. Gas gemessen, welches Volum würde es im trockenen Zustande bei normalem Barometerstande von 760 Millimeter annehmen?

Die Spannung des Wasserdampfs ist nach der Tabelle bei 10° = 9,126, also befindet sich das Gas nicht unter dem am Barometer abgelesenen scheinbaren Drucke von 770 Millimeter, sondern unter dem wirklichen von 770 — 9,126 = 760,874 Millimeter.

Nun ist die Rechnung genau so wie bei der oben dargestellten Reduction eines Gasvolums von einem Barometerstande auf den anderen, wir setzen wieder unseren einfachen Regel de Tri-Ansatz:

$$760 : 760,874 = 100 : x$$
$$x = 100,115.$$

Mit Hülfe dieser Angaben berechnet man das direct gefundene Luftvolum auf das bei 0° und 760 Millimeter Quecksilber. Die Correction für die Wasserdampfspannung kommt für die Pettenkofer'sche Bestimmung nicht in Anwendung.

Die erststehende kleine Tabelle giebt die Anhaltspuncte, um das durch die Titrirung gefundene Gewicht Kohlensäure auf das Volum zu reduciren, natürlich eben nur für 0° und den Normalbarometerstand.

Zur Kalibrirung der Luftflaschen bedarf es noch der Kenntniss der Volumina des Wassers bei verschiedenen Temperaturen.

Wahre Volumina des Wassers nach Despretz.

Temperatur in Graden C.	Volumen in Cubikcentim.	Temperatur in Graden C.	Volumen in Cubikcentim.
4°	1,0000000	21	1,00200
5	1,0000082	22	1,00222
6	1,0000309	23	1,00244
7	1,0000708	24	1,00271
8	1,0001216	25	1,00293
9	1,0001879	26	1,00321
10	1,0002684	27	1,00345
11	1,0003598	28	1,00374
12	1,0004723	29	1,00403
13	1,0005862	30	1,00433
14	1,0007146	31	1,00463
15	1,0008751	32	1,00494
16	1,0010215	33	1,00525
17	1,0012067	34	1,00555
18	1,00139	35	1,00593
19	1,00158	36	1,00624
20	1,00179	37	1,00661
		38	1,00699
		39	1,00734
		40	1,00773

Apparate zur Bestimmung der Respirations-Ausscheidung.

Um die Athemluft zu bestimmen, athmete man nach dem Vorgang von Vierordt in eine mit Salzwasser gefüllte, graduirte Glocke. Sie hatte an der Spitze einen Hahn, um einen Theil der in sie eingeblasenen Gase, welche an der Eintheilung der Glocke dem Volum nach zu messen waren, in ein Eudiometer zur Analyse treten zu lassen.

Zu demselben Zwecke kann das Hutchinson'sche Spirometer verwendet werden.

Lossen arbeitete mit einem von C. Voit zusammengestellten Apparate.

Er bestand 1) aus den Müller'schen Wasserventilen, welche die inspirirte und exspirirte Luft von einander isolirten; 2) aus einer geaichten doppelhalsigen Flasche, in welcher die Probe der zu untersuchenden Luft aufgefangen wurde; und 3) aus der die gesammte exspirirte Luft messenden Gasuhr.

In die Wasserventile mündeten zwei in ein zinnernes Mundstück auslaufende weite Kautschukschläuche, an diesen waren zum Auffangen des Speichels noch T förmig gebogene Glasröhren eingeschaltet.

Die ungefähr 2 Liter fassende doppelhalsige Flasche stand durch zwei genau gearbeitete messingene Hähne auf der einen Seite mit dem einen Wasserventil, auf der andern mit der geaichten Gasuhr in Verbindung. Die beiden messingnen Ansatzstücke wurden durch Ueberwurfschrauben auf der Flasche luftdicht befestigt und konnten leicht abgenommen werden. Zum raschen Wechsel und zur öfteren Probenahme standen drei solche Flaschen, auf die die gleichen Hähne aufgeschraubt werden konnten, zur Verfügung. Der gegen das Ventil zugerichtete Hahn der geaichten Flasche lief in eine bis nahe an den Boden der Flasche reichende Glasröhre aus. Die Ausathemluft musste daher von unten nach oben durch die Flasche streichen, wodurch eine gleichmässige Mischung der Luft erreicht wurde. Am andern Hahne hing von einem Haken ein in $^1/_{10}{}^0$ getheiltes Thermometer in den Raum der Flasche herab, dessen Quecksilberbestand mehrmals während eines Versuchs abgelesen wurde. Die Temperatur der durch die Gasuhr gehenden Luft konnte durch ein in sie eingestelltes Thermometer bestimmt werden. Auch die Zimmertemperatur und der Barometerstand wurden notirt.

Alle Glas- und Kautschukröhren und die Bohrungen der Hähne des Apparates hatten, um die Athmung möglichst wenig zu beeinträchtigen, einen Durchmesser von 19 Millimeter im Lichten.

Beim Beginn des Versuchs wurde das Mundstück zwischen Lippen und Zähne genommen, die Nase mit einer Nasenzwinge verschlossen und nun geathmet. Die Inspirationsluft trat durch ein eben unter Wasser mündendes Glasrohr in das erste M. Ventil ein. Jedes dieser Ventile besteht aus einem luftdicht verschlossenen Glase, durch dessen Deckel zwei Röhren führen. Die eine längere mündet wie gesagt unter Wasser, sodass die eingeblasene Luft eine kleine Wassersäule durchsetzen muss, um in das Ventil zu gelangen. Die zweite Röhre mündet kurz unter dem Deckel, und ist dazu bestimmt, die durch die erste Röhre eingeströmte Luft aus dem Ventil wieder weiter zu leiten.

Die erst genannte längere Röhre mündet ausserhalb des Ventils frei in die Luft; durch sie wird die Luft eingesogen. Die kurze Röhre stand mit dem Mundstück durch den einen Kautschukschlauch in Verbindung. Auf diesem Wege gelangte die Luft in den Mund und die Lunge.

Die ausgeathmete Luft strömte in ein gleiches Ventil, dessen längere Röhre mit Mundstück, durch das zweite Kautschukrohr verbunden war, ein. Die kürzere Röhre war durch einen Schlauch mit der geaichten Flasche, diese mit der Gasuhr verbunden. Die Ventile gestatteten, wie die Anschauung ergiebt, der Luft den Durchgang nur in der verlangten Richtung.

Die Kohlensäure in der Flasche wurde nach der Pettenkofer'schen Methode mit Baryt bestimmt, wie weiter unten sich beschrieben findet.

Der Apparat ist so einfach, dass er sich zur Bestimmung der Athemgase für ärztliche Zwecke gut eignet.

Man athmet leicht eine bestimmte Zeit, 15 Minuten bis 1 Stunde, durch die weiten Röhren. An der Gasuhr kann die Gesammtmenge der geathmeten Luft bestimmt werden, deren Kohlensäuregehalt sich aus der Probe der Luft in der geaichten Flasche berechnen lässt. Selbstverständlich muss in der Zimmerluft die Kohlensäure (nach der Pettenkofer'schen Methode) gleichzeitig bestimmt werden, um die Kohlensäure in der eingeathmeten Luft von der in der ausgeathmeten abziehen zu können.

Die Luftvolumina werden auf 0° und 760 Millimeter Barometerstand berechnet. Die Luft ist schon durch die Ventile mit Wasser gesättigt.

Um die Gesammtgasausscheidung des Körpers für längere Zeiten (z. B. 24 Stunden) zu bestimmen, dienten früher die Apparate von Regnault u. Reiset, jetzt der ausgezeichnete Apparat von v. Pettenkofer. Beide sind zu complicirt und kostspielig, als dass sie wo anders als in den bestdotirten physiologischen Instituten in Thätigkeit versetzt werden könnten.

Der erstere besteht aus einem luftdicht verschlossenen Kasten, in welchem das Versuchsthier sich befindet. Die ausgeathmete Kohlensäure wird beständig absorbirt und es strömt dafür reiner Sauerstoff zu.

Der Pettenkofer'sche Apparat ist nach dem Principe der Ofenventilation gebaut. Aus einem für die Aufnahme eines Menschen berechneten Salon mit mehreren Luftröhren saugt eine Dampfmaschine die Luft mit der erforderlichen Geschwindigkeit aus, dass nur ein Luftstrom in den Salon herein und von da in die Abzugsröhre entstehen kann. Alle eingeströmte Luft macht diesen Weg ebenso, wie aus einem geheizten Ofen bei richtigem Zuge nur durch das Kamin die Luft entweichen darf. Die gesammte, den Salon durchströmende Luft wird durch eine grosse Gasuhr gezogen und gemessen, nachdem sie vorher durch Wasser gestrichen ist, um mit Wasserdampf gesättigt zu werden, und ihre Temperatur bestimmt wurde. Ein bestimmter in einer kleinen Gasuhr zu messender Bruchtheil dieser Gesammtluft wird durch Röhren mit Barytwasser gepresst und giebt hier seine Kohlensäure ab, die dann nach Pettenkofer durch Titer bestimmt werden kann. Vorher wurde sie durch concentrirte Schwefelsäure geleitet, um ihr das Wasser zur Gewichtsbestimmung desselben zu entziehen. Von dem Kohlensäure- und Wassergehalt in der direct untersuchten Luftmenge wird auf den Kohlensäuregehalt der Gesammtluft gerechnet.

Natürlich muss auch hier der Kohlensäuregehalt der eingeströmten Luft fortwährend gleichzeitig bestimmt werden.

Fünfzehntes Capitel.

Die Nieren und der Harn.

Harn.

Ebenso vollkommen zweckmässig wie die Lungen für die Ausscheidung des gasförmigen Wassers und der Kohlensäure ist die Niere für die Entfernung des tropfbarflüssigen Wassers und der festen, löslichen Auswurfstoffe des Organismus eingerichtet. In ihr wird das Blut in die physikalischen Bedingungen versetzt, unter denen es die ihm aus dem Umsatz der Gewebe beigemischten, krystallisirbaren und leicht diffundirbaren Stoffe abgeben kann. Auch bei den Nieren finden wir Hülfsorgane, welche ihre Ausscheidung unterstützen, unter Umständen fast ganz übernehmen können. Es sind dieselben, denen wir als Hülfsorgane bei der Lungenathmung begegneten: Haut und Darm.

Die Stoffe, die im Harne den Organismus verlassen, sind theilweise Excrete, die im Organismus nicht in grösserer Menge zurückgehalten werden dürfen ohne seine Functionen zu stören. Zum Theil sind sie überschüssig als Nahrungsstoffe in den Organismus eingeführt, und verfallen nur durch die Wirkung der in den Nieren gegebenen mechanischen Bedingungen der Ausscheidung: es sind diese das Wasser, ein Theil der Blutsalze und die geringe im Harne enthaltene Sauerstoffmenge. Das Wasser wird als Lösungsmittel der Harnbestandtheile auch dann noch in den Nieren abgegeben, wenn es nicht überreichlich zugeführt wird. Ein dritter Antheil der Stoffe im Harne entstammt direct den in den Nieren vor sich gehenden Stoffumsetzungen. Gewisse mit der Nahrung eingeführte Stoffe gehen regelmässig und vollkommen in den Harn über und verändern auf kürzere oder längere Zeit seine chemische Zusammensetzung.

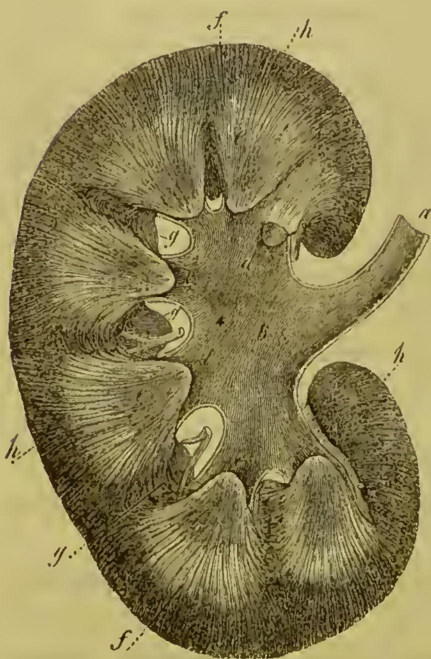
Der Harn ist nach dem Gesagten stets eine sehr gemischte Flüssigkeit. Nehmen wir die Zusammensetzung als die normale an, die er zeigt bei gewöhnlicher, gemischter Kost oder in den ersten Tagen, wenn dem Körper alle Nahrung entzogen ist und er nur von seinen Organbestandtheilen zehrt, so sind als normale Bestandtheile des Harns aufzuzählen: vor allem Wasser und in diesem gelöst als Hauptbestandtheil Harnstoff, in weit kleineren, wechselnden Mengen Kreatin und Kreatinin, Harnsäure, Hippursäure,

Farbstoffe, sehr geringe Quantitäten von Zucker, Fetten (?) und Ammoniak und chemisch noch nicht bestimmte, sogenannte Extractivstoffe; dazu dann die Salze des Blutes, mit den Basen Natron, Kali, Kalk, Magnesia, gebunden an Chlor, Schwefelsäure, Phosphorsäure und Kohlensäure; auch Gase finden sich im Harne gelöst: Sauerstoff, Stickstoff und Kohlensäure. Die Reaction des frischen Harnes ist meist deutlich sauer und zwar von sauerem phosphorsauerem Kali und Natron herrührend, dabei zeigt der Harn eine hellere oder dunklere gelbliche Farbe und einen eigenthümlichen aromatischen, mit der Nahrung wechselnden Geruch. Gewöhnlich ist ihm aus den Schleimdrüsen der Harnwege etwas Schleim beigemischt, der sich als Wölkchen in dem stehenden Harne absetzt. Specifische Formelemente fehlen ihm gänzlich, das Mikroskop findet nur zufällige Beimischungen auf: abgestossene Blasenepithelzellen, im Schleime Schleimkörperchen, nach Samenentleerungen Samenfäden, bei menstruirenden Frauen Blutkörperchen. Der wechselnden Zusammensetzung entsprechen auch ziemlich bedeutende Schwankungen des specifischen Gewichtes, normal etwa zwischen 1005 und 1030, das Gewicht des Wassers = 1000 gesetzt.

Die Nieren und Harnwege.

Die Organe für die Harnausscheidung bestehen aus den Harn bereitenden Drüsen den beiden Nieren und den Harnwegen: den Harnleitern, Harnblase und Harnröhre.

Fig. 105. (*K.*)



Ein Schnitt aus der Mitte der Niere eines Kindes. *a.* Ureter, *b.* Nierenbecken, *c.* Nierenkelche, *d.* Papillen, *e.* Malpighi'sche Pyramiden, *f.* Ferrein'sche Pyramiden, *g.* Septa Bertini, *h.* äussere Theile der Rindensubstanz.

Die Nieren liegen in lockeres, meist sehr fetthaltiges Bindegewebe eingebettet. Ihre eigentliche Drüsensubstanz wird von einer fibrösen Kapsel umschlossen: der Tunica propria, aus Bindegewebe mit elastischen Fasern bestehend, die am Hylus der Niere an den Nierenkelchen und Gefässen endigt. Schon mit freiem Auge sieht man die Drüsensubstanz in zwei gesonderte Schichten zerfallen, in Mark- und Rindenschichte. Die erstere ragt mit 8–15 grösseren, kegelförmig sich zuspitzenden Warzen: den Malpighi'schen Pyramiden in das Nierenbecken herein. Die Rinde bildet den von dem Hilus abgewendeten Theil der Oberfläche des Organes und setzt sich zwischen die Pyramiden, diese von einander trennend, in schmaler Schichte als Bertini'sche Säulen, Columnae Bertini fort. Functionell gehört zu jeder Pyramide ein Abschnitt Rindensubstanz, auch das Mikroskop weist die Zusammengehörigkeit nach, sodass, auch wenn zwischen diesen Abschnitten sich nicht wie bei anderen

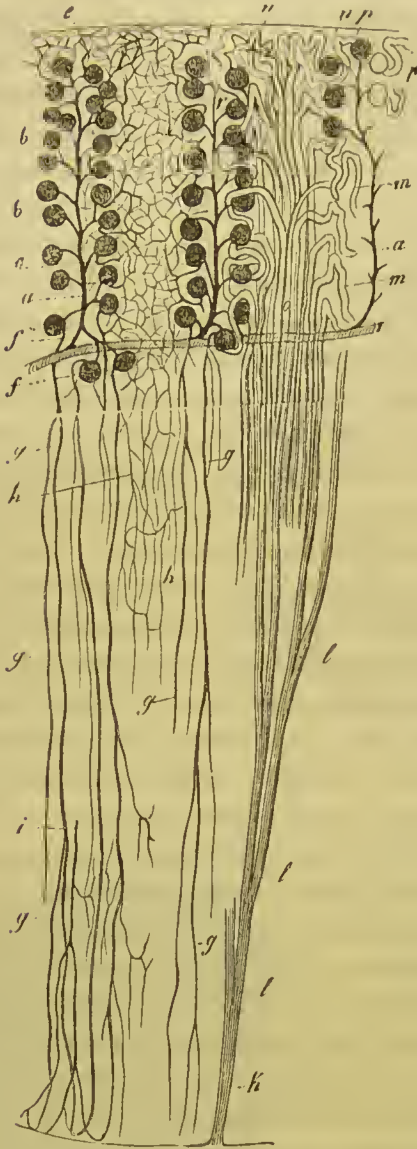
Drüsen mit lappigem Baue Bindegewebseinlagerungen finden, die Niere doch aus so viel zusammengehörigen Lappen zusammengesetzt erscheint, als sie Pyramiden besitzt (Fig. 105).

Sowohl die Rinden- als die Marksubstanz bestehen im wesentlichen aus engen cylindrischen, röhrenförmigen Drüsenschläuchen, den Harncanälchen, Tubuli uriniferi, welche im Mitteldurchschnitt etwa 0,016—0,03''' messen. Sie beginnen in der Rindensubstanz mit kugeligen, blasigen Ausbuchtungen, die im Innern je einen Gefässknäuel bergen; es sind dieses die sogenannten Malpighi'schen Körperchen oder Kapseln, die etwa 0,06—0,1''' messen. In der Rindensubstanz verlaufen die Harncanälchen anfänglich sehr geschlängelt als sogenannte gewundene Harncanälchen, Tubuli contorti, es gehen Schleifen solcher Röhrchen in die Marksubstanz herab, die wieder in die Rindensubstanz aufsteigen. Gegen die Marksubstanz zu vereinigen sich stets mehrere solche gewundene Canälchen büschelförmig zu weiteren Röhrchen, welche dann gestreckt verlaufen als gerade Harncanälchen, Tubuli recti, sich unter spitzem Winkel von neuem zu zweien oder mehreren vereinigen zu immer weiteren Canälchen, bis sie schliesslich auf 200—300 Papillengänge, Ductus papillares, 0,024—0,1''' im Durchmesser, zusammengeschmolzen an der Papille ausmünden. Verfolgen wir, um uns die Verhältnisse ganz klar zu machen, die Ductus papillares im umgekehrten Gange noch einmal nach aufwärts, so sehen wir sie durch fortgesetzte spitzwinkelige Theilung, wobei die Röhrenzweige sehr an Dicke abnehmen, in ein Bündel feiner Röhren übergehen, die von der Papille her in das Mark- und Rindengewebe ausstrahlen und als Ferrein'sche Pyramiden beschrieben werden. Zwischen die Röhrchen schieben sich Blutgefässe ein: doch steigt je ein Büschel gemeinschaftlich auf und seine Röhrchen bilden, auch wenn sie den gestreckten Verlauf mit einem gewundenen vertauschen, stets noch eine, wenn auch nicht vollständig abgegrenzte, durch die ganze Rinde hindurch zu verfolgende säulenförmige Masse die rings in allen Höhen der Rinde mit Malpighi'schen Kapseln umgeben ist, in welche sich die gewundenen Canälchen einsenken; eines um das andere verläuft aus dem büschelförmigen Knäuel nach aussen, um mit seinem Malpighi'schen Körperchen zusammenzutreffen. Jedes solche Röhrchenbündel in der Rindensubstanz (Fasciculus corticalis, Ferrein'sche Pyramide) wird durch die ganze Rindenschichte hindurch von Malpighi'schen Körperchen eingefasst und dadurch von den benachbarten Bündeln etwas abgegrenzt. In der Mitte dieser Rindenbündel verlaufen also die Canälchen noch mehr weniger gestreckt; wenn sie sich nun seitlich zu den Malpighi'schen Körperchen wenden, so biegt eine Anzahl von ihnen erst noch schlingenförmig nach unten in die Marksubstanz aus, steigen aber wieder nach aufwärts und senken sich in je ein Malpighi'sches Körperchen ein. So kommt es, dass man auf Querdurchschnitten durch die Malpighi'schen Pyramiden neben den Oeffnungen der weiten gestreckten Harncanälchen, auch noch sehr viel engere Oeffnungen findet, die den Durchmessern der gewundenen Canälchen entsprechen (Kölliker) (Fig. 106).

Die Harncanälchen bestehen alle aus einer ziemlich festen Membrana propria, die innen mit einem regelmässigen Pflasterepithel ausgekleidet ist. Die zarte Umhüllungshaut ist vollkommen durchsichtig und gleichartig. Die Epi-

thelzellen sind mässig gross, vieleckig, kernhaltig. Der Inhalt ist feinkörnig, hie und da zeigen sich einige gelbliche Farbstoffkörnchen und kleine Fetttröpfchen. Die Epithelzellen fassen eine regelmässige Höhlung des Röhrchens ein; sie finden sich auch in den MALPIGHI'schen Kapseln noch etwas kleiner und undeutlicher, die Zellen überziehen das Gefässknäuel in der Kapsel auch an der Stelle, wo sich diese der Höhlung der Röhrchen zuwenden. Die erweiterten Enden der Harncanälchen in den Papillen, die Ductus papillares enthalten statt des Pflasterepithels ein regelmässiges Cylinderepithel, das erst im weiteren Verlauf der gestreckten Canälchen in jenes Pflasterepithel übergeht.

Fig. 106. (*K.*)



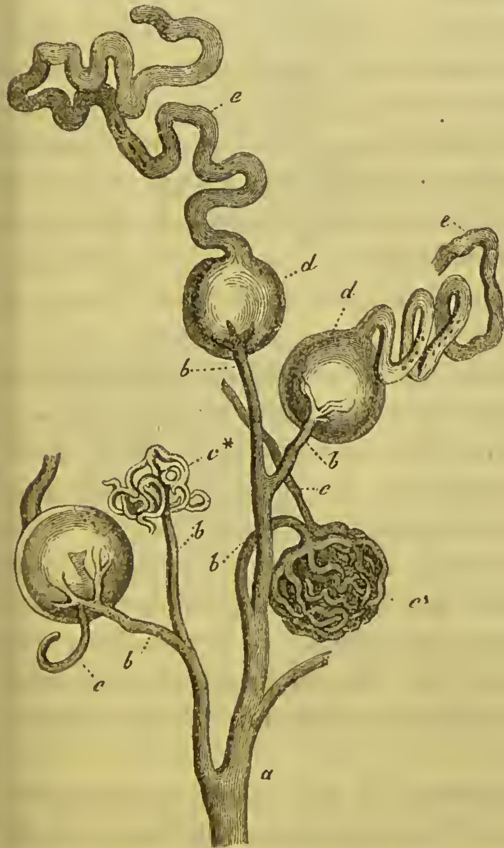
Senkrechter Schnitt durch einen Theil einer Pyramide und der dazu gehörenden Rindensubstanz einer eingespritzten Kaninchenniere. Halbschematische Figur. Vergr. 30. Links sind die Gefässe, rechts der Verlauf der Harncanälchen dargestellt. *a.* Arteriae interlobulares mit den Glomeruli Malpighiani *b.* und ihren Vasa afferentia, *c.* Vasa efferentia, *d.* Capillaren der Rinde, *e.* Vasa efferentia der äussersten Körperchen in die Capillaren der Nierenoberfläche übergehend, *f.* Vasa efferentia der innersten Glomeruli in die Arteriolae rectae *ggg.* sich fortsetzend, *h.* Capillaren der Pyramiden aus den letztern sich bildend, *i.* eine Venula recta an der Papille beginnend, *k.* Ductus papillaris oder Anfang eines geraden Harncanälchens an der Papille, *l.* Theilungen desselben, *m.* gewundene Canälchen in der Rinde nicht in ihrem ganzen Verlaufe dargestellt, *n.* dieselben an der Nierenoberfläche, *o.* Fortsetzung derselben in die geraden Canälchen der Rinde, *p.* Verbindung derselben mit MALPIGHI'schen Kapseln.

Sehr merkwürdig ist das Verhalten der Nierenblutgefässe. Vor allem ist zu bemerken, dass nachdem die kleinen Arterien zu einem reichen Knäuel capillarartiger Gefässe in den MALPIGHI'schen Kapseln zerfallen, sie wieder zusammentreten zu Gefässchen noch von der Dignität von Arterien, die erst im weiteren Verlaufe sich zu eigentlichen Capillaren auflösen, aus denen die Venen hervorgehen.

Die **Nierenarterie** zerfällt im Nierenbecken in ihre Zweige, welche in die zwischen den MALPIGHI'schen Pyramiden gelegenen Corticalsäulen (Columnae BERTINI) eintreten und verästeln sich in zierlicher Weise im Umfange der Pyramiden. Aus dem Theile dieser Verästelung, die an die Rindensubstanz angrenzt, treten sehr regelmässig, fast rechtwinkelig Aestchen ab, die sich noch weiter theilen. Ihre feinen Zweige (0,06—0,1‴) verlaufen zwischen den beschriebenen Röhrchenbündeln der Rindensubstanz, die man als die eigentlichen Nierenläppchen bezeichnen könnte, geraden Wegs nach aussen; man bezeichnet sie nach KÖLLIKER als Arte-

riae interlobulares. Sie tragen wie Beeren die MALPIGHI'schen Knäuel, in deren Bildung sie ganz aufgehen. Jede solche kleine Interlobulararterie giebt in ihrer ganzen Länge ganz feine Zweige nach allen Seiten ab, die trotz ihrer Feinheit (0,008—0,02''') noch den Bau der Arterien haben, und löst sich endlich durch diese Zweigabgabe ganz auf. Diese feinen Arterienzweige treten, meist ohne sich vorher noch einmal zu theilen, an die MALPIGHI'schen Kapseln heran, durchbohren deren Hüllmembran, um sich in den beschriebenen dichten Knäuel feiner Gefässchen aufzulösen. In Beziehung auf die MALPIGHI'schen Körperchen wird das Blut zuführende Gefäss als Vas afferens bezeichnet. Es spaltet sich nach seinem Eintritt in fünf bis acht Aeste, welche in einen Büschel von Gefässchen zerfallen, die in vielfachen Windungen, ohne sich netzförmig zu verbinden, in einander geflochten, endlich in derselben Art, wie sie sich theilten, wieder zu einem einfachen Stämmchen, dem Vas efferens sich vereinigen. In der grossen Mehrzahl der Fälle treten die zu- und abführenden Gefässe an derselben Stelle in die Kapsel ein und wieder heraus und zwar meistens gegenüber dem Ursprung des Harncanälchens (Fig. 107.).

Fig. 107. (*F.*)



Aus der Rindensubstanz der menschlichen Niere. *a* Arterielles Stämmchen mit Abgabe der zuführenden Gefässe *b* des Glomerulus *c'* c^1; *c* ausführendes Gefäss des letzteren; *d* die BOWMAN'sche Kapsel mit ihrem Uebergang in das gewundene Harncanälchen der Rinde *e*.

Die Vasa efferentia sind noch keine Venen sondern im Baue immer noch kleine Arterien, die erst im weiteren Verlauf ihr Capillarnetz bilden. Die Vasa efferentia erscheinen stets etwas enger als die Vasa afferentia. In der Rindensubstanz spalten sich die Vasa efferentia nach kurzem Verlauf in ein reiches Netz von Capillaren, dessen rundliche oder eckige Maschen die gewundenen Harncanälchen rings umspinnen. Die Vasa efferentia der an die Marksubstanz grenzenden MALPIGHI'schen Kapseln sind meist weiter als die oben beschriebenen und senken sich zwischen die geraden Harncanälchen in langgestrecktem, geradlinigem Verlaufe ein und werden als Arteriolae rectae bezeichnet. Sie verästeln sich, bevor sie die eigentlichen Papillen erreichen, nicht spitzwinkelig, sodass sie den Verlauf der gestreckten Harncanälchen nachahmen. Die Capillaren die sie bilden stammen von rechtwinkelig abgehenden feinen Zweigen und bilden ein wenig dichtes Netz langgestreckter rechtwinkeliger Maschen, welche an die Capillarnetze der Muskeln erinnern. An der Grenze zwischen Rinden- und Marksubstanz hängt das reichliche rundlich-eckige Maschennetz der gewundnen Canälchen direct mit diesem recht-

winkeligen sparsamen Netze zusammen. Der verhältnissmässige Mangel an Capillaren an den gestreckten Canälchen spricht dafür, dass der Hauptverkehr mit dem Blute neben den Malpighi'schen Körperchen den gewundenen Canälchen zukommt.

Die **Venen** beginnen an den Papillen und an der Nierenoberfläche. An der Oberfläche der Niere entstehen durch das Zusammentreten der zwischen den neben einanderliegenden Nierenläppchen (Ferrein'schen Pyramiden) verlaufenden kleinen Venenwurzeln sternförmige Figuren: die Verheyni'schen Sterne (Stellulae Verheynii). Die daraus hervorgehenden stärkeren Stämmchen senken sich zwischen den Läppchen in die Tiefe und verlaufen mit den Interlobulararterien, nehmen die ihnen begegnenden kleineren Venen aus dem Innern der Rinde in sich auf und vergrössern sich dadurch. Sie treten dann unter meist spitzem Winkel mit anderen Venen zusammen und verlaufen mit den grösseren Arterien der Pyramiden und zwar so, dass jede Arterie nur von je einer Vene begleitet wird. Alle Nierenvenen sind klappenlos. Ehe sie mit den Arterien und auf dieselbe Weise wie diese die Nieren verlassen, nehmen sie noch das Blut der Papillarvenen auf, die in zierlichem Netze die Oeffnung der Harncanälchen an den Papillen umspinnen.

Ausser diesen der Absonderung dienenden Gefässen besitzt die Niere noch andere, die von der Nierenarterie, ehe sie in den Hilus eintritt, von der Nebennieren- und Lendenarterie abgegeben werden. Ob sie, wie angegeben wird, nur die Nierenhüllen versorgen oder ob sie auch das Organ in ähnlicher Weise selbständig ernähren wie die Ernährungsgefässe der Lunge, ist nicht entschieden. Dass die Arterien, welche der Absonderung vorstehen, überdiess auch noch zur Ernährung des Organes dienen können, scheint daraus hervorzugehen, dass die Interlobulararterien hie und da auch noch feine Zweige an die Hüllorgane der Niere abgeben.

Die **Saugadern** der Niere konnte Kölliker bis zu den Interlobulargefässen verfolgen. Die grösseren Stämmchen verlaufen mit den grösseren Blutgefässen. Im Hilus vereinigen sie sich zu einigen Stämmchen, nehmen noch die Lymphgefässe aus dem Nierenbecken auf, und laufen zu den Lendenlymphdrüsen. Aeltere Autoren beschreiben oberflächliche Lymphgefässnetze.

Nach Ludwig und Zawarykin verlaufen die reichlichen parenchymatösen Lymphbahnen in den Interstitien des unter der Kapsel befindlichen Bindegewebes. Sie stehen mit den Lymphgefässen der Kapsel in Verbindung und dringen zwischen die Harncanälchen herein. Die aus der Rinde wegleitenden Lymphgefässe verfolgen gegen den Hilus zu genau die Bahn der Blutgefässe. Erst am Hilus erhalten sie Klappen.

Die **Nerven** der Niere sind noch nicht weiter als bis zu den Interlobulargefässen verfolgt worden. Sie stammen vom Plexus coeliacus des Sympathicus und umspinnen die Arterie in einem ziemlich dichten Geflechte. Noch im Hilus finden sich an ihnen einige (gangliöse) Knötchen.

Die bisher beschriebenen Gewebselemente der Niere werden zusammengehalten durch eine Bindesubstanz, die in ähnlicher Weise aus einem dichten Bindegewebskörperchennetze ohne fibrilläre Zwischensubstanz besteht wie das Reticulum der Milz, der Lymphdrüsen, des centralen Nervensystemes etc.

Ueber **den Bau der harnleitenden Organe** haben wir von physiologischer Seite

nur wenig zu sagen. Harnleiter, Nierenbecken und Nierenkelche bestehen alle aus drei Schichten, zu innerst eine Schleimhaut, dann eine Lage von organischen Muskeln, zuletzt eine äussere Faserhaut, die aus Bindegewebe mit elastischen Fasern besteht und direct mit der Nierenkapsel zusammenhängt. Die inneren Fasern der Muskelschicht verlaufen längsgerichtet, die äusseren quer. An den Nierenkelchen verdünnt sich die Muskelschicht mehr und mehr und endet an den Papillen. An dem Ureter kommt etwa von der Mitte an eine dritte äusserste auch längslaufende Muskelfaserschichte hinzu. Die dünne Schleimhaut ist zwar reich an Gefässen, besitzt aber keine Drüsen oder Papillen, auf den Nierenpapillen wird sie sehr fein. Das Epithel ist geschichtet. Die unterste Zellenschichte ist rundlich, die mittlere mehr gestreckt, walzenförmig, an der Oberfläche sind die Zellen rundlich vieleckig, gross, plattgedrückt. Häufig haben sie zwei Kerne, daneben auch noch andere kernartige Gebilde (Fig. 108.)

Fig. 108. (*K.*)



Epithel des Pelvis renalis vom Menschen, 350mal vergr. *A.* Zellen desselben für sich. *B.* Dieselben in situ. *a.* Kleine, *b.* grosse Pflasterzellen, *c.* eben solche mit kernartigen Körpern im Innern, *d.* walzen- und kegelförmige Zellen aus den tieferen Lagen, *e.* Uebergangsformen.

Bei der Harnblase kommt nun noch der Bauchfellüberzug zu den bisher beschriebenen Lagen hinzu. Die organische Muskelschichte besteht wie die bisher beschriebenen zu äusserst aus einer Längsfaserschichte, deren Bündel in regelmässiger Weise neben einander verlaufen, Detrusor urinae. Unter dieser liegt eine Schichte querlaufender Fasern, deren Bündel weniger vollständig zusammenhängen. Am Blasenhalse vereinigen sich diese Fasern zu einer starken Ringfaserschichte: Sphincter vesicae. Ein reichliches, bindegewebiges Unterschleimhautgewebe verbindet die Blasenschleimhaut mit den anderen genannten Schichten. Sie bildet in der leeren Blase viele Falten, die bei der Füllung verstreichen. Sie ist glatt, ohne Zotten, ihr geschichtetes Epithel ist dem der übrigen Harnwege ganz ähnlich: oben mehr platte rundlich-eckige und zackige (geschwänzte) Zellen, in der Tiefe spindelförmige. Im Blasenhalse und Blasengrunde finden sich Schleimdrüschen, entweder einfach birnförmige Schläuche oder auch verästelt, traubig mit Cylinderepithel.

Die Harnröhre des Weibes hat eine Muskellage und Schleimhaut ganz von dem beschriebenen Bau. Die Schleimdrüsen (Littre'schen Drüsen) sind meist etwas entwickelter als in der Blase und sondern ziemlich reichlich Schleim ab.

Die männliche Harnröhre besitzt dagegen ein geschichtetes Cylinderepithelium, die unteren Schichten bestehen aus runden oder ovalen Zellen. Die vordere Hälfte der Morgagni'schen Grube besitzt Papillen und Pflasterepithel. Auch hier finden sich Littre'sche Drüsen: schlauchförmig, gabelig getheilt, gewunden, Schleim absondernd.

Chemisch-physiologische Vorgänge in der Niere.

Von den der Niere eigenthümlichen Lebenserscheinungen ist bisher noch wenig bekannt. Von der specifischen Zellenthätigkeit in der Niere zeugt das Vorkommen von Inosit und Taurin, Stoffe denen wir in den meisten stoffproducirenden Drüsenzellen begegneten. Neben diesen finden wir auch hier Leucin und Tyrosin, auch Kreatin. Der Stoffwechsel des Nierengewebes wird vor anderen charakterisirt durch die Bildung des schwefelhaltigen Cystins, das sonst in keinem Gewebe vorkommt.

Die structurlose Hülle der Harncanälchen zeigt wie das Sarcolemma eine hohe Resistenz gegen chemische Agentien ähnlich der des elastischen Stoffes. In dem albuminreichen Inhalte der Epithelzellen der Harncanälchen finden sich nach Fett- und Fleischgenuss Fetttröpfchen, wie solche von Einigen als constante Bestandtheile des Harns angenommen werden.

In welchem Zusammenhange der chemische Bau der Niere zu ihrer Function steht, hat sich bisher noch nicht näher enträthseln lassen. In neuester Zeit ist mehrfach die Behauptung aufgestiegen, dass die Niere durch ihre specifische Thätigkeit den Harnstoff erzeuge aus weniger hoch oxydirten Stoffen, (besonders Kreatin), die ihr durch das Blut zugeführt wurden. Man hat den Beweis dafür durch Ausschneiden von Nieren bei Hunden und Kaninchen zu führen versucht und wollte nach diesen Operationen sehr wenig Harnstoff im Blute und den Organen der operirten Thiere aufgefunden haben, weil weniger als sonst bei Vorhandensein der Nieren in selber Zeit gebildet worden wäre, dagegen sei das Kreatin vermehrt. Man änderte den Versuch auch in der Art um, dass man die Nieren bestehen liess und nur die Harnleiter unterband und so nur die Harnausscheidung unmöglich machte. Dann sollte sich die normale Menge Harnstoff in den Geweben vorfinden, da eben die Nieren ihre Thätigkeit noch hatten fortsetzen können. Man hat sogar behauptet, dass frisches Nierengewebe mit Kreatinlösungen zusammengebracht, in diesen das Kreatin in Harnstoff umwandeln. Den negativen Befunden, nach denen Harnstoff bei Thieren vermisst wurde, denen die Nieren ausgeschnitten waren, steht das positive Resultat von C. Voit entscheidend gegenüber, welcher nach der Nierenausschneidung den Harnstoff in den Geweben ebenso vermehrt fand, wie nach der Harnleiterunterbindung, während er in Beziehung auf das Kreatin keine Veränderung in der Quantität erkennen konnte.

Wir müssen die Nieren wie die Lungen vor allem nur als Filter betrachten, welche einen Theil der Blutflüssigkeit — Wasser und die am leichtesten diffundirenden Stoffe — durch sich hindurchtreten lassen, ohne ein specifisches Drüsensecret, das aus der originellen Lebensthätigkeit ihrer Drüsenzellen hervorgegangen wäre, ihr beizumischen. Dabei ist freilich die Möglichkeit noch nicht ausgeschlossen, dass sich ähnlich wie die Lunge an der Kohlensäureausscheidung auch die Niere an der Harnausscheidung activ betheiligt, indem sie vielleicht durch active Veränderung ihres Zellenchemismus, den Diffusionsströmen den Weg durch ihre Zellmembranen oder durch die Membranen der Capillaren bahnt. Dass so Etwas in den Nieren stattfindet, vielleicht ebenso wie bei anderen Drüsen und im Muskelgewebe auch durch Säure-

bildung (die Nierensubstanz reagirt stets sauer auch bei den Thieren, welche alkalischen Harn absondern), zeigt sich darin, dass aus der alkalisch reagirenden Blutflüssigkeit die sauere Harnflüssigkeit hervortritt. Für active Betheiligung der Niere an der Harnbereitung spricht vor allem Das, was neuestens Voit durch Kreatinfütterungen erwiesen hat. Das Kreatin, welches sich im alkalischen Blute findet, wird in den Nieren in Kreatinin umgewandelt. Es ist das eine Wirkung der saueren Nierenreaction, da die gleiche Umwandlung auch im sauren Muskel und auch ausserhalb des Organismus durch saure Flüssigkeiten geschieht. Der Harnfarbstoff ist veränderter Blutfarbstoff, es wird also auch dieser in der Niere verändert und aus den Blutzellen befreit. Das Cystin, das sich in der Niere findet, mischt sich (immer?) dem Harne bei. So sehen wir also, dass, wenn auch die Niere vor allem nur als Dialysator oder Filter zu wirken hat, sie sich doch auch durch ihre Lebensthätigkeit activ an der Harnbereitung betheiligen kann. Der Inosit, der sich in der Niere findet, geht wohl, da er nicht im Harne auftritt, ähnlich wie der Zucker in der Leber in das durchströmende Blut über.

Nach Störungen in der Nierenthätigkeit findet sich wie nach Nierenausschneiden der Harnstoff im Blute und den Organen vermehrt, wie aus den Befunden bei Choleraleichen, bei denen die Harnentleerung vor dem Tode ganz aufhörte, bei Nierendegenerationen hervorgeht. Offenbar entledigt sich also bei seinem Durchgang durch die Nieren das arterielle Blut eines Theiles seines Harnstoffes, den wir ja als normalen Bestandtheil des Blutes kennen; es steht dieses fest, auch wenn sich die Beobachtung Picard's, dass sich in dem venösen Nierenblut weniger Harnstoff nachweisen lasse als das arterielle nicht bestätigen lassen sollte. Die Blutveränderungen in der Niere zeigen die gleichen Verhältnisse wie bei allen arbeitenden Drüsen. Das Blut, welches das ruhende Organ durchströmt, wird dunkel venös gefärbt und ist stark faserstoffhaltig. Dagegen fand Bernard das Venenblut der absondernden Niere hellroth, dem arteriellen ähnlich, fast oder vollkommen faserstofffrei, dabei soll es mehr Sauerstoff und weniger Kohlensäure enthalten als dunkeles, venöses Blut. Bei gleicher Dichtigkeit verhalten sich nach Bernard's Versuchen die Gasvolumina in den uns hier interessirenden Blutarten

	Arteria renalis:	Vena renalis hellroth:	Vena renalis dunkelroth:
O . . .	19,4	17,2	6,4
CO_2 . .	3,0	3,13	6,4

Ob die hellrothe Farbe des Nierenvenenblutes allein von dem Reichthum an Sauerstoff abhängt oder ob sie mit von gewissen Beimischungen aus dem Nierenparenchyme zu erklären ist, steht noch nicht fest. Der grössere Reichthum an Sauerstoff spricht aber vor allem dafür, dass der Blutstrom durch die absondernde Niere weniger Widerstände findet als in der ruhenden. Es rührt dieses vor allem auch hier davon her, dass die kleinen Gefässe: Arterien und Venen ihr Lumen während der Absonderung erweitern, wie sich dieses bei allen arbeitenden Organen findet. Das Blut strömt hellroth in die Venen ab, ebenso als ob die Niere arbeite, wenn die Gefässnerven durchschnitten und die Gefässlumina dadurch künstlich erweitert sind. Bei Reizung der Gefäss-

nerven, wodurch sich die Gefässlumina verengern, die Widerstände gegen die Blutströmung also zunehmen, wird das Venenblut dunkelroth. Die Quantität Blut, welche während der Zeit eines Blutkreislaufes durch die Nieren geht, ist noch nicht bestimmt worden, doch ergiebt der Augenschein, dass während der Thätigkeit des Organes die Blutmenge, welche dasselbe durchströmt, sehr bedeutend vermehrt ist.

Die physikalischen Bedingungen der Harnabsonderung.

Alle darauf gerichtete Beobachtungen haben ergeben, dass durch eine allgemeine Steigerung des Blutdruckes in dem Blutgefässsysteme wie sie z. B. durch gesteigerte Wasseraufnahme aus der Nahrung erzielt wird, die Harnabsonderung vermehrt werden kann. Es deutet das darauf hin, dass die Harnabsonderung überhaupt ihr Zustandekommen den Druckverhältnissen im Blutgefässsysteme, die ja in den Nieren so eigenthümlicher Art sind, verdanke. In den Harncanälchen herrscht wohl stets ein niederer Druck als in den zuführenden Arterien der Glomeruli, in denen er noch durch die geringere Weite der abführenden Arterien im Vergleich mit den zuführenden, und durch die Zerspaltung gleichsam in zwei bedeutende Widerstände einführende Capillarsysteme gesteigert ist. Dadurch wird der am leichtesten filtrirbare Theil der Blutflüssigkeit durch die Capillarwände der Glomeruli durchgepresst. Für Eiweiss und Fette finden wir die Wände zahlreicher Capillarsysteme im thierischen Körper undurchgängig, auch durch die Wände der Glomeruligefässe treten diese Stoffe nicht hindurch. Heynsius scheint die Erklärung, warum die Capillaren der Nieren für Eiweiss normaler Weise nicht durchgängig sind, gefunden zu haben. Es spielt hier die Säure des Nierengewebes die Hauptrolle, da Eiweiss, welches verhältnissmässig leicht in destillirtes Wasser eintritt, in angesäuertes Wasser oder in saueren Harn kaum hereindiffundirt. Es wäre also die Säure, welche die Membranen der Blutgefässe für Eiweiss undurchgängig macht. Dass Fett für sich feuchte Membranen nicht durchdringt, wissen wir aus den Untersuchungen der Fettresorption im Darme. Blutflüssigkeit, welche durch die Membranen der Glomeruligefässe in die Harncanälchen hereintritt, ist also Serum, dem die Eiweissstoffe und Fette fehlen. Diese Flüssigkeit tritt in den gewundenen Harncanälchen, die von einem so reichen Capillarnetze umsponnen werden, in eigentlichen Diffusionsverkehr mit dem durch die Harnausscheidung concentrirter gewordenen Blute und erleidet dadurch die Veränderungen, die sie zum Harne machen. Diese Hypothese (Ludwig) lässt manche Eigenthümlichkeiten des Harnes, besonders die verschiedene Concentration desselben an Salzen im Vergleiche mit dem Blute unaufgehellt, doch giebt sie uns im Allgemeinen ein verständliches Bild. Die verschiedene Concentration an Salzen im Harne und Blute deutet vielleicht darauf hin, dass die Salze, welche wir in der Blutasche finden, im Blute selbst nicht alle frei vorkommen. Ein Theil derselben ist an organische Verbindungen (Eiweisse etc.) so fest geknüpft, dass, wie bei diesen selbst, der Durchtritt durch die Nierengefässwände nicht möglich ist. Ein anderer Theil derselben Salze dagegen ist durch Zerstörung der organischen Stoffe, mit denen sie verbunden waren, wirklich

frei im Blute enthalten. Nur dieser letztere Antheil könnte durch den Filtrations- und Diffusionsstrom ausgeschieden werden.

Dieselben Ausscheidungsbedingungen finden wir bei den Gasen des Blutes, welche auch in viel geringeren Mengen in den Harn übergehen, als sie sich im Blute finden. Der an die Blutkörperchen gebundene Sauerstoff geht, ebensowenig wie die Blutkörperchen selbst, in den Harn über, daher erklärt sich der ungemein geringe Gehalt des Harnes an Sauerstoff, während das Nierenvenenblut selbst noch eine so bedeutende Menge davon enthält. Es geht nur der in der Blutflüssigkeit nach den Gesetzen der Absorption gelöste Sauerstoff in den Harn. Aehnlich ist es bei der Kohlensäure. Wir verdanken Planer einige Untersuchungen der **Harngase**. Normaler Harn enthält danach im Mittel:

	in 100 Harn:	
Stickstoff	0,820	bei 0° und
Sauerstoff	0,043	0,76 Meter Druck.
freie Kohlensäure . . .	4,729	
gebundene ,, . . .	3,066	

Der Harn hat nach Planer etwa dasselbe physiologische Absorptionsvermögen für die betreffenden Gase wie Blut und Wasser.

Die verdunstbare Kohlensäure des Harnes wächst wie die des Blutes in der Verdauung.

Alle Momente, welche den Druck in den Glomerulis vermehren, müssen nach der gegebenen Darstellung, was die Beobachtung vollkommen bestätigt, die Menge des ausgeschiedenen Harnes vermehren. Wie schon angeführt, wirkt hierin reichliches Wassertrinken, welches sehr rasch den Druck im gesammten Gefässsysteme vermehrt, am energischsten. Die Steigerung der Harnabsonderung ist nach Genuss von Getränken eine so rasche, dass eine frühere Zeit directe »geheime Wege« zwischen Magen und Harnblase zur Erklärung annehmen zu müssen glaubte.

Durch ausgedehnte Muskelkrämpfe, durch Verschluss grosser Arterien, durch Kälte, welche das Blut von der Haut zu den inneren Organen treibt, wird der Druck in der Nierenarterie erhöht werden. Auch rein nervöse Einflüsse z. B. gewisse Hirnverletzungen können sich hierin geltend machen. Gesteigerte Thätigkeit des Herzens hebt den Druck im Arteriensysteme. Dass durch die Reizung der Nerven der Niere die Arterien verengert, durch ihre Lähmung dagegen erweitert und die Widerstände dadurch verändert werden, ist schon besprochen worden. Die Concentration des Blutes an den in die Harncanälchen ergossenen, gelösten Stoffen wird die Stärke der Diffusionserscheinungen in den gewundenen Canälchen reguliren und damit auch die Harnmenge und die Menge der im Harn enthaltenen Stoffe vermehren oder vermindern.

Das beständig nachrückende Secret ist der Grund, warum der Harn aus den gewundenen in die gestreckten Canälchen und aus diesen in das Nierenbecken gelangt. Ein Rücktritt in die Papillenöffnung ist unmöglich, da ein gesteigerter Druck im Nierenbecken die Mündungen der Harncanäle an der Papille zusammenpressen muss. Auch in den Harnleitern wird der Harn durch die Schwere und den Druck des beständig abgesonderten, von hinten her nachrückenden Harnes bewegt. Dabei sind vielleicht peristaltische Contractionen seiner Muskelwand mit thätig.

In der Blase ist ein ähnlich einfacher Verschluss der Harnleitermündungen vorhanden wie in dem Nierenbecken der Harncanälchen. Die Harnleiter durchbohren die Blasenwand schief; jede gesteigerte Ausdehnung der Blase, welche die Flüssigkeit zurückzupressen strebt, presst daher die Ureterenmündungen nothwendig zusammen. Die Elasticität der Prostata beim Manne, jener musculöse Sphincter vesicae, der durch die Elasticität elastischer Faserringe noch unterstützt wird, hindern den unwillkürlichen Heraustritt aus der Blase. Die Spannung der gefüllten Blase erregt den Drang zum Harnlassen, das durch die Bauchpresse eingeleitet, durch starke reflectorische Contractionen der Blasenwand vollendet wird. Die Contractionen können das Blasenlumen ganz vollkommen verschliessen; sie werden durch den sensiblen Reiz hervorgerufen, welchen der auf die Harnröhrenschleimhaut gelangende Harn ausübt. Die Muskeln, welche die Harnröhre umgeben, pressen die Flüssigkeit aus letzterer aus. Der Verschluss des Blasenringsmuskels soll ein tonischer, also durch fortwährenden Nerveneinfluss hervorgerufener sein. Er dient vor allem zur Erörterung der Tonusfrage, auf die wir später zu sprechen kommen.

Die Chemie des Harns.

Organische Harnbestandtheile.

Harnstoff. Unter den Stoffen, welche der Harn aus dem Blute abscheidet, steht an Wichtigkeit der Harnstoff oben an. Er ist ein ebenso gefährliches Gift für den Organismus wie die Kohlensäure. Seine Abscheidung aus dem Blute ist für den Fortgang des Lebens eine Nothwendigkeit, da er, in grösseren Quantitäten im Blute aufgehäuft, schliesslich vom Gehirne aus eine Lähmung des gesammten Reflexmechanismus des Rückenmarkes und den Tod hervorzurufen vermag.

In 24 Stunden scheidet ein Erwachsener etwa 30–40 Grammen Harnstoff bei gemischter, reichlicher Nahrung aus. Ist die Nahrung gerade hinreichend den täglichen Verlust an Körperstoffen zu decken, so wird in 24 Stunden im Harnstoff ziemlich genau soviel Stickstoff ausgeschieden als in der Nahrung zugeführt und verdaut wurde. Diese von Voit und Bischoff am Fleischfresser und an Vögeln, von Henneberg für das Rind gewonnene Thatsache konnte ich auch für den gesunden Menschen erweisen.

Die Harnstoffausscheidung hat man vielfältig nach Geschlecht, Alter, Körpergewicht, äusseren Lebensbedingungen, Temperatur etc. schwanken sehen; betrachtet man die Verhältnisse näher, so ergiebt sich, dass der Hauptregulator für die Harnstoffausscheidung die Ernährungsweise ist. Es finden hiernach enorme Schwankungen statt. Während bei länger dauerndem Hunger die Harnstoffausscheidung endlich auf eine untere Minimalgrenze herabsinkt, bei der nur einige Grammen täglich ausgeschieden werden, kann bei krankhaft gesteigertem Hunger und dem entsprechender Nahrungsaufnahme, wie z. B. im Diabetes (der Zuckerharnruhr) die täglich ausgeschiedene Harnstoffmenge 100 Grammen und mehr erreichen. Durch meine Untersuchungen wurden beim Menschen die Nahrungseinflüsse zum ersten Male auf die Harnstoffaus-

scheidung mit aller Sicherheit nachgewiesen, da es mir zuerst gelungen war, die vom Menschen aufgenommene Nahrung in ihrer chemischen Zusammensetzung vollkommen genau zu controliren. Meine Untersuchung bezieht sich auf ein gesundes, männliches Individuum von 24 Jahren.

Die geringsten Mengen von Harnstoff wurden bei Hunger: 17,02 Gramm und bei stickstofffreier Nahrung: 17,1 Gramm in 24 Stunden ausgeschieden. Die grösste Menge bei einer Fleischnahrung 86,3 Gramm in 24 Stunden. Die Minimalzahl verhält sich zur Maximalzahl wie 1 : 5. Aus meinen Untersuchungen am Menschen ergeben sich ganz entsprechend den zuerst von Bischoff und Voit am Fleischfresser gewonnenen Resultaten folgende Sätze für die Abhängigkeit des Harnstoffausscheidung von der Nahrungseinnahme. 1) Bei vollkommen gleicher Stickstoffzufuhr in der Nahrung während mehrer Versuchstage findet anfangs eine wechselnde Harnstoffausscheidung statt, erst nach einigen Tagen wird sie ziemlich gleichmässig. Dann ist die im Harnstoff ausgeschiedene Stickstoffmenge der in der Nahrung zugeführten und verdauten (ziemlich) genau gleich. 2) Im Hunger wird das Minimum von Harnstoff ausgeschieden, doch ist in den ersten Hungertagen die ausgeschiedene Harnstoffmenge verschieden nach der dem Hunger vorausgegangenen Ernährungsweise (Voit). 3) Durch Nahrungszufuhr allein, abgesehen von ihrer Zusammensetzung wird die Harnstoffausscheidung nicht gesteigert. Bei rein stickstofffreier Kost sinkt die Harnstoffmenge auf und selbst unter das bei Hunger beobachtete Minimum. 4) Steigerung der Stickstoffzufuhr in der Nahrung steigert die Harnstoffausscheidung. Doch steht wenigstens während der ersten 24 Beobachtungsstunden die Steigerung der Ausscheidung nicht in einem directen Verhältnisse zur Steigerung der Zufuhr. 5) Steigerung der Stickstoffzufuhr vermehrt nicht nur am betreffenden, sondern auch noch am folgenden Tage die Harnstoffausscheidung; Hunger bewirkt umgekehrt noch für den folgenden Tag Minderung.

Ausser diesen Einflüssen auf die Harnstoffausscheidung sehen wir vor allem auch noch die Wasseraufnahme in der Nahrung für die Quantität derselben von Einfluss. Gesteigertes Wassertrinken mehrt die Harnstoffausscheidung (Genth etc.). Ebenso die Zufuhr von Kochsalz (Bischoff, Kaupp, Voit etc.).

Eine Reihe von älteren Angaben über Vermehrung oder Verminderung der Harnstoffabgabe wurde von Voit als irrig widerlegt: so die vielgemachte Behauptung, dass Muskelanstrengung die 24stündige Harnstoffausscheidung mehre; oder dass Kaffeegenuss dieselbe herabsetze.

Bei Nahrungsaufnahme steigt die Harnstoffausscheidung während der Verdauungsperiode bedeutend, um dann wieder zu sinken. Soviel Mahlzeiten soviel Erhebungen zeigt die Curve der Harnstoffausscheidung auf die Zeit bezogen (Voit u. A.). Ebenso ist es bei der Wasserausscheidung im Verhältniss zum genossenen Getränke. Auch bei dem hungernden Individuum zeigen sich Schwankungen, die sich nur aus inneren Schwankungen der organischen Vorgänge im Körper während des Tages erklären lassen. Gegen Nachmittag erreicht die Harnstoffausscheidung hiebei ein Maximum (Becker). Von Morgens an beginnt sie aber zuerst constant zu sinken (J. Ranke). Die Erklärungen für alle diese Angaben ergeben sich aus den Gesetzen der Ernährung.

Die Harnsäure wird in sehr viel geringeren Mengen ausgeschieden als

der Harnstoff bei dem Erwachsenen etwa 0,5 Gramm im Tage. Im Uebrigen zeigt sie eine merkwürdige Uebereinstimmung mit dem Harnstoffe in ihren Ausscheidungsverhältnissen, wie Lehmann und Heinrich Ranke gezeigt haben. Die Ausscheidung der Harnsäure ist am geringsten bei Hunger und bei stickstoffloser Nahrung (Zucker). Sie steigt bei Pflanzenkost und ist bei Fleischnahrung am bedeutendsten. Ich fand, dass die Harnsäureausscheidung in einem bestimmten Verhältnisse stehe zur Harnstoffausscheidung: beide Stoffe werden in einer bestimmten Proportion ausgeschieden und zwar ist das Verhältniss, wenn die ausgeschiedene Harnsäuremenge = 1 gesetzt wird im Mittel:

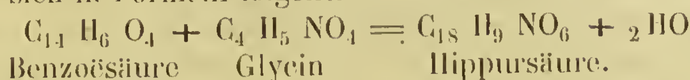
Harnsäure-Harnstoff-Verhältniss = 1 : 45.

Die Schwankungen in der täglichen Ausscheidungsgrösse sind also denen der Harnstoffausscheidung congruent. Die geringste Menge während 24 Stunden beobachtete ich bei Hunger: 0,24 Gramm, die grösste bei übermässiger Fleischnahrung 2,11 Gramm! eine vor mir am Gesunden noch niemals beobachtete Quantität. Heinrich Ranke fand bei Fleischnahrung in 24 Stunden etwa 0,9 Gramm, ich im Durchschnitt bei vorwaltender Fleischkost 1 Gramm, bei gemischter wie Heinrich Ranke 0,7 Gramm. Man hat früher ein Wechselverhältniss zwischen Harnsäure- und Harnstoffausscheidung in der Art angenommen, dass da die Harnsäure ein niedereres Oxydationsproduct der stickstoffhaltigen Körperbestandtheile sei, sie dann in gesteigertem Maasse auftrete, wenn die Oxydationsbedingungen im Organismus gestört seien, der Harnstoff sei dann entsprechend vermindert. Die von mir beobachtete Proportionalität der Harnsäure- und Harnstoffausscheidung sprechen nicht für diese Annahme, wenn auch die Chemie eine Bildung von Harnstoff aus Harnsäure als möglich lehrt. Gefütterte Harnsäure soll als Harnstoff im Harne erscheinen.

Kreatin und Kreatinin kommen stets im Menschenharne vor und zwar etwa in denselben Mengenverhältnissen wie Harnsäure etwa 0,7 Gramm — 1 Gramm. Auch ihre Menge schwankt mit dem Stickstoffgehalte der Nahrung in analoger Weise wie die Harnsäure.

Die Hippursäure hat erst neuestens durch Meissner und Shepard eine gründliche Untersuchung in Beziehung auf ihre Entstehungsweise im Organismus erfahren. Sie ist im Harne der Pflanzenfresser in ziemlich bedeutenden Mengen enthalten; auch im menschlichen Harne scheint sie vielleicht niemals ganz zu fehlen, wie die neuesten mit verbesserten Methoden angestellten Versuche zeigen. Bei vorwiegender Fleischdiät entzieht sie sich aber der Beobachtung, sie beträgt dann nach den genannten Autoren nur kaum 0,008%. Auch im Harne des Fleischfressers kommt stets eine ähnlich geringe Menge dieses Stoffes vor. Ausser diesem normalen, den normalen Oxydationsbedingungen der stickstoffhaltigen Körperbestandtheile entsprossenen Gehalte des Harnes an diesem Stoffe, sind wir im Stande, diesen Stoff durch Genuss von Vegetabilien und von Benzoësäure zu erzeugen. Diese Beobachtung beweist, dass auch im thierischen Organismus nicht nur Stoffzersetzungen sondern auch Stoffverbindungen vor sich gehen können. Geniessen wir die stickstofffreie Benzoësäure so scheiden wir dafür im Harne stickstoffhaltige Hippursäure aus. Dieser Vorgang wird uns verständlich, wenn wir die chemische Zusammensetzung der beiden Säuren vergleichen. Es zeigt sich, dass aus Benzoësäure Hippursäure entstehen kann, dadurch dass sich mit der ersteren der uns aus der Chemie der Leber (Galle)

bekannte Stoff Glycin vereinigt unter Austritt von 2 Atomen Wasser; der Vorgang stellt sich in Formeln folgendermaassen dar:



$$C_{14}\,H_6\,O_4 + C_4\,H_5\,NO_4 = C_{18}\,H_9\,NO_6 + 2\,HO$$

Benzoësäure Glycin Hippursäure.

Man kann diese Verbindung des Glycin's mit Benzoësäure auch ausserhalb des Organismus erreichen, wenn man beide Stoffe in zugeschmolzenen Röhren auf 160° — 180° C. erhitzt. Andererseits zerfällt durch Säuren und Alkalien sowie unter der Einwirkung der Gährung z. B. im faulenden Harn die Hippursäure in Benzoësäure und Glycin.

Kühne und Hallwachs behaupteten, dass die Paarung des Glycins mit der Benzoësäure im Blute vor sich gehe und zwar scheinen ihre Experimente zu beweisen, dass dazu das Glycin der Glycocholsäure, das in der Leber entsteht, verwendet wird. Meissner u. Sheppard konnten dagegen im Blute der Pflanzenfresser keine Hippursäure auffinden, auch wenn sie im Harn reichlich enthalten war. Sie behaupten daher, dass sich die Hippursäure erst in den Nieren bilde, und halten dazu die Betheiligung des Leberglycins nicht für nothwendig.

In der Cuticularschichte der Pflanzen findet sich ein Stoff, welcher von Pflanzenfressern verdaut werden kann, obwohl er chemisch unlöslich ist, aus dem Hippursäure entsteht. Dieser Stoff ist der Hauptgrund für das Auftreten der Hippursäure in grösserer Menge in dem Harn der Pflanzenfresser. Die inneren Pflanzentheile in den Wurzeln z. B. enthalten diesen Stoff nicht; man kann durch Futter aus solchen die Hippursäureausscheidung unterdrücken. Dieser Stoff der Cuticula hat in seiner Zusammensetzung einige Aehnlichkeit mit der Zimmtsäure, aus der ebenfalls Hippursäure im Organismus entsteht.

Meissner und Jolly konnten auch Bernsteinsäure im Harne nachweisen, ebenfalls nur in minimalen Mengen.

Zucker zeigt sich nach Brücke im Harne in äusserst geringen Spuren normal.

Die Harn-Farbstoffe sind verschieden; die Harnfarbe wechselt von roth zu gelb, grün, blau, braun und schwarz.

Als Grund der normalen Färbung erscheint das Harnroth, Urhaematin, das Eisen und Stickstoff enthält, und viel Aehnlichkeit mit Blutroth zeigt. In pathologischen Fällen findet sich wahres Blutroth und Gallefarbstoffe. Die blaue Färbung, die der Harn annehmen kann, rührt von Indigo her.

Ausser diesen Stoffen werden noch Extractivstoffe beschrieben, ein Gemisch unbestimmter chemischer Materien.

Neubauer fand stets Spuren von Ammoniak im frischen Harne*).

Anorganische Harnbestandtheile.

Chlor. Von den anorganischen Bestandtheilen, die durch den Harn ausgeschieden werden, hat das Chlor die genaueste Untersuchung erfahren. Auch wenn das Chlor in der Nahrung des Menschen vollkommen ausgeschlossen war, blieb nach den Untersuchungen von Wundt der Harn des Menschen noch chlorhaltig. Am 5. Tage des Versuchs erschien aber zum Beweise, wie

*) Weiteres auf S. 415 ff.

bedeutend die Störung in der Harnausscheidung durch den Kochsalzhunger ist, Eiweiss im Harne. Die Ausscheidung des Chlors richtet sich in ihren quantitativen Verhältnissen vor allem nach der Aufnahme desselben in der Nahrung, sodass man von einem Normalgehalt des Harns an Kolchsalz nicht sprechen kann. In meinen an mir selbst angestellten Beobachtungen schwankt die Kochsalzmenge im Harn von 4,83–33,8 Gramm in 24 Stund. Kaupp sah die im Harne enthaltene Menge nicht so hoch steigen, da er nur im Stande war während 24 Stunden 33,6 Grammen in der Nahrung zu nehmen, ohne dass Störungen in der Kothbildung (Abweichen) eingetreten wären. Im Mittel aus einer 12 Tage fortgesetzten Versuchsreihe, wobei jenes Kochsalzmaximum gereicht wurde, ergab sich ihm für die 24stündige Kochsalzausscheidung im Harn 27,3 Gramm. Die niedrigste Zahl von 4,8 Gramm beobachtete ich an einem Hungertage, an dem gar keine Nahrung (während 48 Stunden) aufgenommen wurde; die höchste bei möglichst reichlicher Ernährung, bei welcher der Salzgenuss dem Geschmacke überlassen war. Die Kothbereitung war an letzterem Tage, trotz der enormen Kochsalzzufuhr nicht gestört. Die Kochsalzausscheidungen in 24 Stunden schwanken bei gewöhnlichen Verhältnissen zwischen 13 u. 23 Gramm.

Bei ganz gleichbleibender Kochsalzzufuhr in den Organismus zeigt nach allen Beobachtungen an Thieren und Menschen, auch wenn kein Kochsalz durch Haut und Darm fortgeht, die tägliche Kochsalzausscheidung im Harne gewisse Schwankungen nach auf- oder abwärts. Voit fand, dass der Organismus keine gleichbleibende Aufnahmsfähigkeit für Kochsalz besitzt. Auch der Gehalt der thierischen Flüssigkeiten an diesem Stoffe ist kein ganz gleichbleibender. Der Organismus kann bei gesteigerter Kochsalzzufuhr Kochsalz in seinen Säften und Organen aufspeichern. Bei geminderter Kochsalzmenge in der Nahrung kann er dagegen von diesem aufgespeicherten Vorrath abgeben. So kann es kommen, dass einmal weniger das andere Mal mehr Kochsalz in 24 Stunden im Harne erscheint als in der Nahrung, die während der Zeit genossen wurde, enthalten war. Meist verlässt aber die aufgenommene Kochsalzmenge den Organismus schon nach sehr kurzer Zeit wieder. Nach einer salzreichen Nahrung sind die entleerten Harnmengen sehr kochsalzreich.

Voit hat gezeigt, dass in grösserer Menge aufgenommenes Kochsalz die Eiweisszersetzung und damit die Harnstoffausscheidung etwas steigere. Durch gesteigerten Kochsalzgenuss wird auch die ausgeschiedene Harnmenge vergrössert. Das Kochsalz wirkt wie andere Salze harntreibend.

Bei dem Menschen hat die Schweissbildung auf die Menge des ausgegebenen Kochsalzes im Harne einen nicht unbedeutenden Einfluss. Bei längerer Zeit gleichbleibender Kochsalzzufuhr, bei welcher eine gleichbleibende Kochsalzausscheidung im Harn eingetreten war, nahm ich ein Schwitzbad, in welchem während 17 Minuten der Körper um 1280 Gramm = $2^1/_2$ Zollpfund an Gewicht durch Schweissbildung abgenommen hatte.

Kochsalzgehalt des Harnes am Tage vor dem Schwitztag	9,4	Gramm.
,, ,, ,, am Schwitztag . .	6,8	,,
,, ,, ,, am Tage nach dem Schwitztag	10,2	,,

Genth, welcher derartige Versuche, bei Bewegung, bei welcher geschwitzt wurde, anstellte, bekam ähnliche, aber weniger grosse Differenzen. Den grössten Unterschied ergab ihm folgender Versuch: ohne Bewegung 9,5, mit

Bewegung 8,3 Gramm Chlor. Das Kochsalz wird also bei Schweissbildung zum beträchtlichen Theile durch die Haut entfernt, sodass eine Abnahme im Harne eintritt. Aehnlich wirken auch pathologische Ergüsse, die plötzlich aus dem Blute abgegeben werden.

Das im Harn enthaltene Chlor ist nicht immer alles an Kochsalz gebunden (Genth), ein geringerer Theil scheint mit Kali, Calcium und Ammoniak vereinigt zu sein.

Die Schwefelsäure und Phosphorsäure des Harnes stammen von der Zersetzung der Eiweiss- oder leimartigen Stoffe der Gewebe und der Nahrung oder aus anorganischen Salzen, welche mit den Nahrungsstoffen eingeführt werden. Nicht aller Schwefel der schwefelhaltigen Körperstoffe wird aber zu Schwefelsäure oxydirt; ein geringerer Theil geht im Koth als Taurin ab, ein anderer im Harn als ein anderer schwefelhaltiger Körper (Voit). Im Allgemeinen gilt für die Ausscheidung und Aufnahme der Salze dieser Säuren das gleiche Gesetz, wie wir es bei den Chlorsalzen kennen gelernt haben.

Da die Schwefelsäure, die Phosphorsäure und der Harnstoff zum grossen Theil den gleichen Ursprung haben, nämlich die Eiweisszersetzung, so ist meist auch mit einer Steigerung des einen in normalen Fällen, wenn nicht durch störende Zusätze zur Nahrung oder medicamentöse Darreichung Aenderungen hervorgerufen werden, eine Steigerung der anderen verbunden. Im Hunger sinkt die Schwefelsäure- und Phosphorsäureabscheidung genau wie die Harnstoffabscheidung. Am meisten werden ausser durch Einführung schwefel- und phosphorsaurer Salze in der Nahrung, die Ausscheidungen der beiden Säuren durch Fleischnahrung gesteigert. Die Steigerung der beiden Säuren im Harne durch Einführung von Salzen derselben wird dadurch beschränkt, dass der Darm nur eine kleine, beschränkte Menge etwa 4—6 Gramm ohne Störung aufnehmen kann. Die beiden Säuren sind im Harne sowohl an die Alkalien als an Erden gebunden. Nach Fleischgenuss überwiegt das saure-phosphorsaure Kali im Harne sehr bedeutend.

Die Schwankungen in der Quantität der Ausscheidung sind bei Schwefel- und Phosphorsäure in 24 Stunden etwa eben so bedeutend wie die des Harnstoffs. Genth u. A. fanden bei gemischter Kost annähernd gleiche Mengen der beiden Säuren im Harn von einem Tage. Schwefelsäure: 2,5–3,3, Phosphorsäure: 3,6–5,1 Gramm in 24 hor. Diese Zahlen sind bei Gesunden etwa als die normalen Mengen zu betrachten für die tägliche Ausscheidung. Wie gross aber die Schwankungen je nach dem Wechsel der Nahrung sich ergeben können, lehren meine Bestimmungen bei einer Aufnahme von 1832 Gramm fettfreiem Fleisch im Tage. Die hiebei gefundenen Zahlen können wohl als Maximalzahlen für die physiologisch mögliche Steigerung dieser Ausscheidungen ohne Darreichung von schwefelsaueren und phosphorsaueren Salzen in der Nahrung betrachtet werden. Ich fand in 24 Stunden:

Schwefelsäure 6,8 Gramm
Phosphorsäure 8,0 ,,

Neben den bisher angeführten Säuren: Kohlensäure, Salzsäure (Chlor), Schwefelsäure, Phosphorsäure, finden sich noch im Harne äusserst geringe Mengen von Oxalsäure, vielleicht nicht constant, und Kieselsäure.

Die anorganischen Basen des Harns sind mit den Säuren meist zu

saueren Salzen verbunden. Das saure phosphorsaure Natron hält den oxalsauren Kalk und die Harnsäure im Harne in Lösung. Ueber ihre Ausscheidungsquantitäten ist noch nichts bekannt.

Die Reaction des Harnes ist bei wohlgenährten Menschen meist eine saure. Sie rührt von den im Harne vorherrschenden saueren Salzen her, vor allem von dem sauren phosphorsauren Natron. Diese saueren Salze werden durch die Anwesenheit der organischen Säuren des Harns: Harnsäure, Hippursäure auch der Kohlensäure erzeugt, welche einen Theil der Basen für sich in Anspruch nehmen. Ebenso entstehen saure Salze in allen Säften des Körpers wo freie Säuren vorhanden sind. Künstlich kann die Reaction des Harnes sauer gemacht werden durch den Genuss freier Säuern, sowohl anorganischer wie organischer. Auch Ammoniaksalze machen, da sie zu Salpetersäure im Organismus oxydirt werden, den Harn sauer. Nach mässigem Fleischgenuss ist es vor allem das sauere phosphorsauere Kali, das die sauere Reaction des Harns bedingt.

Der Harn kann auch bei ganz gesunden Menschen alkalisch reagiren. Der Harn der Pflanzenfresser ist immer alkalisch. Die alkalische Reaction findet sich bei dem Menschen nach übermässiger Nahrungsaufnahme während der Zeit der Verdauung. B. JONES stellte dieses für gemischte Kost fest, aber auch nach reiner Fleischnahrung wird die Reaction alkalisch. Bei einem meiner Versuche wurden Mittags $1\frac{1}{2}$ Uhr 1281 Gramm fettfreies Ochsenfleisch gegessen. Der um 4 Uhr Nachmittags entleerte Harn war stark alkalisch, ebenso noch um 8 Uhr Abends. Der folgende Morgenharn zeigte sich stark sauer.

Durch den Genuss von kaustischen und kohlensaueren Alkalien kann man ebenfalls willkürlich die sauere Harnreaction in eine alkalische umwandeln. Schon eine Stunde nach dem Genuss von kohlensauerem Natron findet sich der Harn alkalisch. Ebenso wie kohlensaure Alkalien wirken die meisten organischsauren, da sie im Organismus zu kohlensaueren verbrannt werden. Die alkalische Reaction des Pflanzenfresserharnes rührt von den in so reichlicher Menge in der Nahrung aufgenommenen organisch saueren Salzen.

Wir haben noch über die Wasserabgabe durch den Harn zu sprechen. Sie richtet sich, wie aus den Bemerkungen über die Mechanik der Harnabsonderung hervorgeht, vor allem nach dem genossenen Wasser. In Gegenden, in denen der Biergenuss gewöhnlich ist, ist das täglich ausgeschiedene mittlere Harnvolumen ungemein viel grösser als in Gegenden, in denen diese Sitte nicht herrscht. Je mehr Wasser entleert wird, desto mehr feste Stoffe (Harnstoff, Salze etc.) verlassen den Organismus durch den Harn, sie werden aus den Geweben ausgeschwemmt, aber auch durch den durch Wasseraufnahme vermehrten Säftestrom durch die Organe in grösseren Quantitäten gebildet (VOIT). Umgekehrt wird durch die gesteigerte Einfuhr von Salzen, welche den Organismus nur gelöst im Harn verlassen können z. B. durch Kochsalz u. a. m. dem Organismus eine grössere Wassermenge entzogen. Dasselbe ist der Fall, wenn durch gesteigerte Zersetzung sehr viele aus den Geweben gelöst abzuführende Stoffe gebildet wurden. So kommt es, dass starke Fleischnahrung die Wasserabgabe ungemein steigert. Dann ist die Wasserausscheidung durch die Nieren von der Wasserzufuhr in der Nahrung unabhängig, sodass unter Umständen weit mehr Wasser im Harne ausgeschieden wird, als Getränk

zugeführt wurde. So kann es kommen, dass infolge starken Fleischgenusses der Körper durch Wasserabgabe eine bedeutende Gewichtsabnahme erleidet.

Bei einem von mir am Menschen angestellten Versuche, bei welchem 1832 Gramm Fleisch gegessen wurde, wurden 3073 Cub. Cent. Harn in 24 Stunden entleert und trotzdem dass 3371 Cub. Cent. Wasser während der Zeit getrunken wurden, verminderte sich das Gewicht des Körpers noch um 146 Gramm. Noch weit grösser fand ich den Gewichtsverlust durch übermässige Fleischnahrung in zwei anderen Versuchen. In dem einen wurden zu 2009 Gramm Fleisch 1400 Cub. Cent. Wasser getrunken. Die ausgeschiedene Harnmenge betrug 2260 Cub. Cent., die Körpergewichtsabnahme, zumeist durch Wasserverlust verursacht, 1179 Gramm in 24 Stunden. In dem dritten Versuch betrug die Abnahme durch Wasserverlust in 24 Stunden 1085 Gramm, also mehr als 2 Zollpfund trotz einer Aufnahme von 1281 Gramm Fleisch. Umgekehrt vermehrt den Wassergehalt des Organismus eine stickstofflose Nahrung, eine solche setzt also die Wasserabscheidung in den Nieren herab. Als Beispiel führe ich auch eine am Menschen von mir gemachte Beobachtung an. Die Untersuchungen von Bischoff und Voit am Fleischfresser haben diese Ergebnisse zuerst geliefert, ebenso wie die der Wasserabgabe durch Fleischnahrung. Es wurde bei Aufnahme von 1321 Cub. Cent. Wasser neben 300 Gramm Stärke, 100 Gramm Zucker und 150 Gramm Fett, im Harn nur 758 Cub. Cent. Wasser entleert, das Körpergewicht nahm an diesem Tage zu um 297 Gramm. Voit konnte eine Wasserzunahme der Gewebe durch Brodfütterung an Fleischfressern (Katze) durch Wasserbestimmung in den Geweben direct nachweisen.

Bei Krampfanfällen soll die Wasserabgabe durch die Nieren vermehrt sein. Es hängt dieses wohl mit der von mir beobachteten Veränderung des Wassergehaltes der Gewebe (Muskeln) in unmittelbarer Folge der krampfhaften, energischen Muskelcontractionen (Tetanus) zusammen. Die bei dem Verschwinden der ermüdenden Ursachen wieder lebenskräftiger werdenden Muskeln pressen das überschüssig aufgenommene Wasser ziemlich auf einmal wieder aus; der Druck im Gefässsystem und damit die Wasserausscheidung im Harn muss dadurch zunehmen.

Cl. Bernard entdeckte einen rein nervösen Einfluss auf die Wasserausscheidung. Er lehrte die Harnausscheidung vermehren durch Verletzung des verlängerten Markes ganz nahe der Stelle, durch deren Verletzung die Zuckerausscheidung im Harne vermehrt wird.

Die täglichen Harnmengen schwanken sehr; von etwa 500 Cub. Cent. aufwärts bis zu mehreren tausend, bei Harnruhr zu 25000 Gramm = 50 Zollpfund! An mir selbst sah ich sie schwanken ohne übermässige Flüssigkeitsaufnahme bei vollkommener Gesundheit von 750 Cub. Cent., bei vollkommener Nahrungs- und Flüssigkeitsenthaltung, bis zu jenen oben als Effect der Fleischnahrung erwähnten 3073 Cub. Cent., also von $1\frac{1}{2}$—6 Zollpfund am Tage. Das Mittel beträgt bei erwachsenen Männern etwa 1600 Cub. Cent. in 24 Stunden. Bei Frauen ist das Mittel im Allgemeinen, da sie weniger zu trinken pflegen als die Männer, etwas geringer. Die Schwankungen der Wasserabscheidung im Harne während verschiedener Tagesstunden, die stündlichen Harnmengen zeigen sich im Allgemeinen übereinstimmend mit den Schwankungen der Harnstoffabgabe und der Ausscheidung der anderen Harnbestandtheile.

Die Harnfarbe. Je concentrirter der Harn ist, desto stärker zeigt er sich auch im Allgemeinen gefärbt. Der sehr concentrirte Morgenharn direct nach dem Aufstehen ist darum am dunkelsten gefärbt. Nach Krämpfen ist der Harn weil sehr verdünnt meist auch sehr hell. Fast wasserhell ist er bei Harnruhr.

Gewöhnlich ist der Menschenharn durchsichtig und hell. Auch bei vollkommen Gesunden scheidet sich aber bei concentrirten Harnen (Morgenharn) ein Niederschlag aus, der im saueren Harn aus harnsaurem Ammoniak und harnsaurem Natron (reiner Harnsäure?) besteht. Ist der Harn stark alkalisch, so können sich phosphorsaurer Kalk und Magnesia ausscheiden.

Das specifische Gewicht des Harnes ist wie schon einleitend angeführt nach Vogel etwa im Mittel 1020 das Wasser = 1000 gesetzt. Die physiologischen Schwankungen beim Menschen sind auch hier sehr gross. Nach meinen Beobachtungen an Gesunden ist das Mittel ziemlich viel niedriger: 1015,4. Die niedrigste Zahl fand ich bei Hunger, (wobei aber eine sehr grosse Harnmenge entleert wurde) 1007,5. Das höchste von mir beobachtete specifische Gewicht betrug 1026,5. Man kann nach Trapp annähernd die festen Stoffe des Harnes in Procenten berechnen aus dem specifischen Gewicht. Man schneidet die drei ersten Zahlen des spec. Gew. des Harnes durch ein Komma von der oder den folgenden ab und subtrahirt dann Hundert. Der Rest wird verdoppelt und giebt dann die gesuchte Procentzahl der festen Stoffe des Harns. Bei 1020 würde man also das Komma setzen nach der Zahl 2 also 102,0, nun würden Hundert davon abgezogen, es bleiben dann 2,0, diese Zahl giebt verdoppelt die festen Stoffe in Procenten = 4,0 %. Die Rechnung klappt mit der Beobachtung ziemlich genau. Aus einer grossen Anzahl von Beobachtungen leitete ich das mitgetheilte spec. Gew. des Harnes 1015,4 ab. Nach der Trapp'schen Formel berechnen sich die Procente der festen Stoffe zu 1,54 × 2 = 3,1 %; die direct gefundene Mittelzahl ergab nur 3,8 %.

Die Gesammtmenge der durch den Harn entleerten festen Stoffe schwankt nach all den vorhergehenden Angaben natürlich ebenfalls ungemein. Beim Menschen fand ich bei vollkommener Nahrungsenthaltung als niederste Zahl 25 Gramm in 24 Stunden. Als Maximalzahl bei Fleischgenuss (1832 Gramm) 132,7 Grammen im Tage. Als Normalzahl ergiebt sich etwa für den Tag 50 Gramm = $^{1}/_{10}$ Zollpfund. Durch gesteigerte Wasserabgabe in den Nieren wird die ausgeschiedene Gesammtmenge fester Stoffe, wie jeder dieser Stoffe für sich, gesteigert. Während bei Hunger einmal in 832 Cub. Cent. Harn 25 Gramm in 24 Stunden abgeschieden wurden, fand ich z. B. ebenfalls bei Hunger aber mit 2234 Cub. Cent. Harn 39,3 Gramm feste Stoffe. Starke Schweissbildung vermindert die Ausscheidung der festen Stoffe (durch Kochsalzabgabe vor allem) nicht unbeträchtlich. Bei der gleichen Kochsalzzufuhr fand ich z. B. den Tag vor dem Schwitztag 51 Gramm feste Stoffe, den Tag nach dem Schwitztag 57,6 Gramm, am Tage, an welchem das oben schon erwähnte Schwitzbad genommen wurde nur 46,2 Gramm. Trotz der gleichen Nahrungszufuhr sind die täglich ausgeschiedenen festen Stoffmengen doch ziemlich bedeutenden Schwankungen unterworfen, es spiegeln sich in diesen Schwankungen alle die Einflüsse welche die Harnstoffausscheidung und die

Salzausscheidung erfährt. Eine solche Reihe ergab mir bei ganz gleicher Kost die Werthe:

86,5; 59,7; 65,4; 62,4; 67,1; 51,0; 46,2 (Schwitztag); 57,6.

Die Harnanalyse und ihr Werth für den Arzt.

Die alte ärztliche Praxis erkannte dem Harne einen bedeutenden diagnostischen Werth zu.

Wenn der Arzt den Puls gefühlt und gezählt, die Hand zur Messung der Temperatur auf die Stirne des Patienten gelegt und dessen Zunge besehen hat, so greift er noch heute sogleich nach dem Harngefässe, dessen Inhalt er mit Sorgfalt betrachtet. Wir sehen aus den gespannten Mienen des Kranken und seiner theilnehmenden Umgebung, wie tief das Bewusstsein von der Wichtigkeit der Harninspection aus der therapeutischen Praxis in das Publicum eingedrungen ist. Einem in der Ferne wohnenden Arzt, der einen Kranken in absentia behandeln soll, wird zur Unterstützung der Krankheitsbeschreibung eine Portion Harn übersendet. Es wird gar oft jetzt noch vom Arzte besonders auf dem Lande verlangt, dass er auf die alleinige Besichtigung des Harnes hin, seine ärztlichen Massnahmen treffe. — Es darf auch an dieser Stelle nicht vergessen werden, dass diese übertriebenen Anforderungen an den Arzt, nicht etwa in dem Publicum selbst entstanden sind. Sie sind Ueberreste aus einer Zeit, die noch nicht so lange und weit hinter uns liegt, als wir uns schmeicheln, in welcher der Arzt, und zwar nicht nur der gewissenlose, es für eine Ehre hielt, wenn es von ihm hiess, dass er die Krankheiten allein schon aus der Urinbesichtigung erkennen könnte.

Als in den letzten Jahrzehnten die chemische Methode vor allem durch Liebig, durch seine Schüler und Gegner, in die Medicin und Physiologie eingeführt wurde, war es natürlich der Harn, dessen Untersuchung vor allem die Aufmerksamkeit der Aerzte auf sich lenkte. Der Harn, der diagnostisch so wichtig ist, sollte nach allen Richtungen chemisch durchforscht werden. Man knüpfte die weitgehendsten Hoffnungen an diese Untersuchungen. Vor allem erwartete man, neue diagnostische Hülfsmittel von ihm zu gewinnen, aber auch die altbekannten suchte man durch genauere quantitative Bestimmungen der Harnbestandtheile zu fixiren, auf einen wahrhaft wissenschaftlichen Ausdruck zu bringen.

Die alte Harninspection hatte sich um die äusseren Verhältnisse, die Nahrungsaufnahme des Patienten nicht gekümmert. Es war nicht nöthig, dass die Harnmenge, die man betrachtete, die Gesammtquantität von einer bestimmten, bekannten Zeit war; jede kleine Portion genügte für ihre einfachen diagnostischen Zwecke.

Liebig hatte leichte Methoden zur Bestimmung der wichtigsten Harnbestandtheile geschaffen, die sich von Jedem, der auch sonst keine chemische Ausbildung besitzt, mit einiger Aufmerksamkeit erlernen und ausführen lassen. Zu den Liebig'schen kamen bald für andere Stoffe ähnlich leicht ausführbare analytische Methoden hinzu.

Nun glaubte sich Jeder berechtigt, bei der chemischen Untersuchung des Harnes selbst mit Hand anzulegen. Was man bestimmte, wurde auch veröffentlicht. So entstand der Wust von chemischen Untersuchungen, auf welche eine Urologie im Krankenzustande aufgebaut wurde, die wirklich, wie es ihr Name besagt, einen pathologischen, hippokratischen Zug nicht verkennen lässt.

Es ging eine Reihe sehr wichtiger Untersuchungen in diesem Gebiete aus berufenen Händen hervor. Die überwiegende Mehrzahl der Untersuchungen aber verleugnete nicht nur ein Verständniss dessen, was man mit chemischen Untersuchungen erreichen kann, sondern sogar eine verständige Fragestellung an die Natur, eine Berücksichtigung der physiologischen Verhältnisse, die ja durch die Störungen einzelner Organfunctionen, wie sie in Krankheiten sich finden, im Principe nicht verändert werden.

Man hoffte, es würde sich für jedes Krankheitsbild auch eine bestimmte Qualität des Harnes auffinden lassen, sodass die Diagnose direct aus der Harnanalyse sich ergeben würde. Es schien nur nöthig zu sein, den Harn von Kranken die an genau diagnosticirten Krankheiten litten zu untersuchen, um ein Normalschema der Zusammensetzung des Harnes für die betreffende Krankheitsform aufstellen zu können.

Vor allem waren es quantitative Bestimmungen einzelner, normaler Harnbestandtheile, die man unternahm. Aber man vergass dabei nur zu oft, dass es keinen Zweck haben kann, aus einer unbekannt grossen Stoffmenge eine Quantität herauszunehmen und nun in dieser Portion mit mehr oder weniger Genauigkeit einzelne Bestandtheile quantitativ zu bestimmen. Man kann daraus durchaus keinen Schluss, wie man es doch versuchte, auf Vermehrung oder Verminderung der bestimmten Stoffe durch den Krankheitsprocess ziehen.

Quantitative Bestimmungen, welche selbstverständlich nur eine Vermehrung, Verminderung oder ein Gleichbleiben der Ausscheidungsmengen ergeben können, haben nur dann Bedeutung, wenn sie sich nicht nur auf einen grösseren Zeitabschnitt (meist 24 Stunden) beziehen, sondern auch diesen mit anderen ebenso grossen Zeitabschnitten vergleichen. Dass hiebei alle Sorgfalt auf die Bestimmung der Gesammtharnquantität für die Untersuchungsperiode zu verwenden ist, versteht sich von selbst. Nur wenn die Gesammtharnmenge vollkommen richtig bestimmt ist, wenn davon Nichts verloren gegangen ist, hat eine quantitative Analyse möglicher Weise einen Werth.

Man glaubte aus der procentigen Zusammensetzung des Harn's Schlüsse ziehen zu können. Es ist das vollkommen unmöglich. Die grossen Verschiedenheiten in der Wasserabgabe durch Haut und Nieren, die bei ganz gleichbleibenden inneren Einflüssen den Concentrationsgrad des Harnes auf das Wesentlichste verändern können, machen alle derartigen Versuche illusorisch. Man kann durch unzählige Beispiele nachweisen, dass der procentige Gehalt des Harnes an einem Stoffe, gar keinen Aufschluss über die Ausscheidungsgrösse ergiebt, dass eine Abnahme des Procentgehaltes in unzähligen Fällen gerade zu mit einer Steigerung in der Gesammtausscheidungsquantität verbunden sein kann.

Wir haben z. B. gesehen, dass durch Wassertrinken die Menge des in 24 Stunden aus dem Körper durch die Nieren austretenden Harnstoffs und

Kochsalzes gemacht werden kann. Der Harn der dabei ausgeschieden wird ist oft ungemein verdünnt, sodass die alleinige Berücksichtigung der procentigen Zusammensetzung trotz der absoluten Vermehrung in den Ausscheidungen eine sehr bedeutende Verminderung ergeben würde.

Wenn schon der Forderung der exacten Aufsammlung der Gesammtmenge des Harns für eine längere Zeitperiode bei Kranken nur mit sehr grosser Mühe zu genügen ist, so tritt dem Arzte bei quantitativen Harnanalysen in der dazu nothwendigen Regulirung der Nahrung eine kaum zu überwindende Schwierigkeit entgegen.

Die Physiologie lehrt uns, dass die Quantitäten der in einer bestimmten grösseren Zeit im Harn ausgeschiedenen Stoffe vor allem von der während derselben Zeit aufgenommenen Nahrung abhängig seien. Es entspricht in normalen Körperverhältnissen die Ausscheidungsmenge genau der Nahrungsmenge; wir sehen bei gerade genügender Nahrungszufuhr einen Gleichgewichtszustand in den Aufnahmen und Ausscheidungen eintreten. Dann ist die Menge der im Harn ausgeschiedenen Stoffe allein abhängig von der Nahrung.

Eine ähnliche Abhängigkeit von der Nahrung zeigen die Ausscheidungen im Harne auch in einer mehr indirecten Weise. Die Untersuchungen Voit's haben mit aller Sicherheit ergeben, dass die Quantität der Körperausscheidungen, ganz abgesehen von Nahrungsaufnahme (im Hungerzustande) während der Versuchsperiode selbst, abhängig sei von der vorausgegangenen Ernährungsweise. Je reicher die Nahrung vorher war, desto reicher zeigt sich auch der Harn in der Folgezeit. Alle die tausendfältig, bei jedem Einzelnen wieder verschiedenen, ewig wechselnden Körperzustände, die wir durch die Nahrungsverhältnisse bedingt sahen, sind von Einfluss auf die Harnausscheidung. Wir wissen, dass die verschiedensten Nahrungssätze je nach den verschiedenen Körperzuständen der Essenden die gleichen Wirkungen hervorbringen können; während wir andererseits ebenso häufig sehen, dass gleiche Nahrungsbedingungen bei verschiedenen Individuen zu den abweichendsten Resultaten in Beziehung auf ihren Körper und damit auf die Harnausscheidung führen.

Diese Einflüsse der Nahrung auf die Harnbildung zeigen sich so mächtig, dass man beinahe zweifeln könnte, ob quantitative Harnanalysen in Krankheiten irgend welche Aufschlüsse ergeben können.

Es ist in der Ueberzahl der Fälle — in Spitälern nicht weniger wie in der Privatpraxis — geradezu unausführbar, die Krankennahrung so zu regeln, dass sich der Arzt mit der Sicherheit, wie sie zu einer quantitativen Vergleichung nöthig ist, von ihrer chemischen Zusammensetzung Rechenschaft geben könnte.

Wenn man aus einem Mehr oder Minder in der Harnausscheidung Schlüsse auf die Oxydationsverhältnisse im Organismus ziehen will, muss man als erste Bedingung die Quantitäten der eingeführten Stoffe nicht nur approximativ kennen. Und Jeder, der es versucht, wird finden, wie ungemein schwierig eine genaue chemische Regulirung der Nahrung ist.

Um zu erfahren, welche Stoffe und welche Quantitäten davon aufgenommen worden sind, genügt es in den meisten Fällen nicht, nach der Zubereitung der Speisen, diese der genauesten chemischen Analyse zu unterwerfen.

Die Quantitäten der Nahrungsstoffe die man zu einer Analyse verwenden kann, sind so klein, dass wir auch aus mehreren Analysen, geschweige denn aus einer, keine irgend brauchbare Mittelzahl erhalten können, da die verschiedenen Schichten derselben Speise vermöge der Zubereitungsweise die verschiedenste chemische Zusammensetzung erkennen lassen. Bei dem Brode leuchtet es ein, dass die Rinde, welche an einer Stelle mehr an einer andern weniger bei dem Processe des Backens verändert worden ist, jeder genauen Durchschnittsbestimmung ihrer Zusammensetzung trotzen wird. Bei dem gebratenen Fleische ist der Fettgehalt in den äusseren Particen von dem in den inneren um mehrere Procente verschieden, natürlich ebenso der Stickstoffgehalt, wie mir directe Untersuchungen ergeben haben. Aehnlich ist es bei fast allen Speisen.

Es muss also, wenn die Nahrung geregelt werden soll, mit all den Cautelen verfahren werden, wie sie bei den Ernährungsversuchen namhaft gemacht worden sind.

Das zur Nahrung verwendete Fleisch muss auch hier frisch mit der Schere von jedem sichtbaren Fettpartikelchen befreit werden, damit seine Zusammensetzung möglichst constant ist; alle zur Zubereitung verwendeten Zuthaten, Salz, Fett, Gemüse, Obst, Brod etc. verlangen die genaueste chemische Analyse. Die Zubereitung muss, damit Nichts verloren geht (z. B. in den Kochgeschirren anhaften bleibt), von dem Untersuchenden selbst geleitet werden. Und schliesslich muss der zu Ernährende das Gekochte vollkommen aufessen, wenn der Rest nicht einer neuen chemischen Analyse unterworfen werden soll.

So stellen sich also den quantitativen Harnbestimmungen zu ärztlichen Zwecken Hindernisse über Hindernisse in den Weg, welche, so wie die Sachen stehen, kaum überwindbar scheinen.

Doch giebt es ein Verfahren, welches den aus der Ernährungsweise hervorgehenden Theil der Schwierigkeiten leichter vermeiden lässt.

Es scheint, dass der Arzt mit Aussicht auf Erfolg quantitative Harnanalysen nur an ganz oder nahezu hungernden Individuen vornehmen könne.

Viele Körperzustände bei Kranken geben dazu einfache Gelegenheit, da ja so häufig alle Nahrung verweigert wird. In anderen Fällen kann durch Darreichung flüssiger Nahrungsmittel, die verhältnissmässig leichter chemisch zu untersuchen sind, die Aufgabe wesentlich erleichtert werden. Alles was flüssig gereicht werden kann, erlaubt nach sorgfältiger Mischung eine Durchschnittsanalyse, die auch einen etwa nicht genossenen Rest leicht in seiner chemischen Zusammensetzung berechnen lässt.

Immerhin bleiben auch dann doch grosse Bedenken, welche eine quantitative Harnanalyse nur bei ganz scharfer Fragestellung, bei genauer Ueberlegung, was sie leisten soll und kann, mit aller Rücksicht auf das bekannte schwankende Verhalten der physiologischen Harnausscheidung von erkennbarem Nutzen für den Arzt erscheinen lassen.

Wir werden im Einzelnen noch einmal auf die möglichen Leistungen einer quantitativen Bestimmung der einzelnen, normalen Harnbestandtheile zurückkommen.

Ganz anders als mit den quantitativen Harnbestimmungen, steht es mit den qualitativen.

Sie stellen sich auf den Boden der alten Harninspection, welcher, so viel Schwindel sie hervorgerufen hat, ein sehr bedeutender, diagnostischer Werth nicht abgesprochen werden kann.

Der Harn zeigt bei verschiedenen Körperzuständen gewisse Veränderungen, welche letztere uns sicher bestimmte und oft ganz unentbehrliche Anhaltspuncte zur Erkennung der ersteren liefern können. Manche Gesammt- und Localleiden des Organismus sind geradezu nur aus der Untersuchung des Harnes zu erkennen.

Ausser den oben genannten normalen Bestandtheilen enthält der Harn in Krankheiten noch eine Reihe anderer Stoffe:

Albumin
Fibrin
Blutfarbestoff
Gallenfarbstoffe
Gallensäuren
Leucin
Tyrosin
Cystin
Zucker
(Inosit)
Fette.

Die Farbe, der Geruch, das specifische Gewicht des Harnes können Veränderungen zeigen, welche gewisse Schlüsse auf Körperzustände gestatten. Es können sich Niederschläge, Sedimente, Zumischung organisirter Stoffe in dem Harne vorfinden.

Die Ansicht, dass den einzelnen Krankheitsformen eine bestimmte, für dieselbe charakteristische Beschaffenheit des Harns entspreche, gilt nur für diejenigen Krankheiten, welche gerade von einer bestimmten Veränderung des normalen Verhaltens des Harnes ihre Bezeichnung entlehnen. Natürlich muss z. B. bei Albuminurie der Harn Eiweiss enthalten, bei Hämaturie Blut, in der Zuckerharnruhr (Glycosourie oder Diabetes mellitus) Zucker. In anderen Krankheiten wie bei Typhus, Pneumonie etc. ergiebt der Harn an sich kein charakteristisches Zeichen für die Erkennung des Krankheitsprocesses selbst, wenn es auch feststeht, dass gewisse Complicationen der Krankheit verändernd auf den Harn einwirken können.

Häufig vermag die Harnuntersuchung dem Arzt ganz specielle Aufschlüsse zu ertheilen, die besonders dann von Werth sein werden, wenn es sich um Behandlung Abwesender handelt. Man kann häufig schon aus dem blossen Ansehen erkennen, dass ein Kranker Fieber hat oder nicht. Der Geruch des Harnes und seine Farbe verrathen gewisse Speisen oder Arzeneien, die der Kranke zu sich genommen hat: Spargel, Terpentinöl (veilchenartig), Rhabarber etc. Samenfäden im Harne rühren von einer Pollution oder Coitus her; während der Menstruation enthält der Harn der Frauen Blutkörperchen in ziemlicher Menge etc.

Gehen wir etwas näher mit Benutzung der Arbeiten von LIEBIG, GORUP-BESANEZ, J. VOGEL, HOPPE-SEYLER, NEUBAUER, C. VOIT u. A. auf einige, wichtigere Veränderungen des Harnes ein.

Harnfarbe. Die normale gelbe Farbe des Harns wechselt unter verschiedenen Umständen vom fast Farblosen bis zum Rothen und Rothbraunen. Die farblosen Harne deuten auf eine sehr bedeutende allgemeine Verdünnung mit sehr geringem specifischen Gewichte, wie sie z. B. durch übermässiges Wassertrinken (Wassercuren) erzeugt werden kann. Als Krankheitszeichen findet sich ein fast farbloser Harn bei Zuckerharnruhr, hier aber mit hohem specifischen Gewichte verbunden. Dunkle Färbung zeigen concentrirte Harne z. B. nach Mahlzeiten, starken Bewegungen mit viel Schweiss und wenig Getränk. Sie setzen meist bei dem Erkalten ein Sediment ab. Der Arzt nennt sie »hochgestellt«, sie sind charakteristisch für fieberhafte Erkrankungen.

Blasser Harn schliesst mit fast absoluter Sicherheit eine heftigere, acute, fieberhafte Krankheit aus.

Die Harnfarbe kann durch Blutfarbestoff verändert werden. Je nachdem mehr oder weniger Blut im Harne enthalten ist, wird die Farbe gelbroth, blutroth, braun bis schwarz. Der Nachweis des Blutes geschieht vor allem mit dem Mikroskop, welches Blutkörperchen mehr oder weniger verändert nachweist. Bluthaltiger Harn ist auch stets eiweisshaltig.

Die Gallefarbstoffe färben den Harn gelbgrün, braungrün, gelbbraun. Um sie nachzuweisen bringt man in ein Proberöhrchen von dem Harne herein und setzt nun vorsichtig rauchende, concentrirte Salpetersäure zu. Man lässt sie in das geneigte Probegläschen an der Wand hinabfliessen, sodass sich Harn und Salpetersäure nicht mischen. Die schwerere Salpetersäure sinkt auf den Boden des Glases. An der Berührungsstelle des Harns mit der Säure bilden sich die bei dem Gallefarbstoff beschriebenen Regenbogenfarben.

Beim Schütteln schäumt der gallefarbstoffhaltige Harn, der Schaum ist gelb gefärbt. Ein eingetauchtes, weisses Filtrirpapier färbt sich bei einiger Intensität der Gallebeimischung gelb.

Gallenfarbstoff kommt hie und da allein im Harne bei Verschluss der Gallenwege in den Darm (Icterus) vor. Meist fehlen die Gallensäuren neben dem Farbstoffe nicht.

Die PETTENKOFER'sche Probe, welche auf der Rothfärbung der gallensäurenhaltigen Flüssigkeit bei Zusatz von Rohrzucker und concentrirter Schwefelsäure beruht, gelingt im frischen Harn nur selten.

Um die Gallensäuren nachzuweisen verdampft man im Wasserbade eine Portion Harn bis fast zur Trockene und zieht den Rückstand mit Alkohol aus. Den alkoholischen Extract lässt man wieder verdampfen, löst den Rückstand in wenig Wasser und bringt ihn für die PETTENKOFER'sche Probe in ein Probirröhrchen. Nun setzt man 2—3 Tropfen Zuckerlösung (1 Theil Zucker auf 4 Theile Wasser) und darauf reine, concentrirte Schwefelsäure zu. Die Flüssigkeit wird nach einiger Zeit (Schütteln) kirschroth, später purpurviolett.

Man kann auch von dem trockenen Weingeistextract auf einem Porzellanscherben eine kleine Probe mit einem Tröpfchen Zuckerlösung und verdünnter Schwefelsäure zusammenreiben und nun auf einer möglichst kleinen Flamme bei ganz niedriger Temperatur, unter fortwährendem Anblasen und Wegnehmen von der Flamme, abdampfen. Die eingedampfte Masse wird dann schön purpurroth (NEUKOMM).

In manchen Harnen bildet sich beim Stehen hie und da eine blaue Farbe, indem aus dem farblosen Indican Indigo wird.

Bei Gesunden und Kranken lässt sich öfters durch concentrirte Salzsäure oder Salpetersäure aus dem Harn der blaue Farbstoff in reichlicher Menge fällen. Der Harn wird dann zuerst röthlich, später blau. Bei Nierenerkrankungen (Morbus Brightii) soll der blaue Farbstoff in grösserer Menge vorkommen und sich auch freiwillig absetzen.

Eiweiss im Harne. Ist Blut im Harne nachzuweisen, so muss sich auch Eiweiss in ihm auffinden lassen.

Bei Erkrankungen der Nieren, welche zu einer Abstossung der Epithelien der Harncanälchen führen, findet sich im Harne stets ein mehr oder weniger beträchtlicher Eiweissgehalt. Aus dem durch das Abstossen der Epithelzellen nun nackten Stroma sickert aus den geöffneten Anfängen der Lymphgefässe direct eiweisshaltige Lymphe aus, die sich dem Harne beimischt. Die Anwesenheit der Epithelien in den gesunden Harncanälchen ist der Hauptgrund, warum aus dem Blute, welches in die Glomeruli eintritt, kein Eiweiss in den Harn austreten kann. Sind die Zellen entfernt, so tritt aus dem Blute mit den übrigen Stoffen auch Eiweiss in die Nierenausscheidung herein.

Blut mit Blutkörperchen kann in den Harn nur durch Gefässzerreissung gelangen. Es versteht sich von selbst, dass diese Gefässzerreissung, wenn wir Blut im Harne finden, nicht in den Nieren selbst stattgefunden haben muss. Das Blut kann sich auf dem ganzen Wege, den der Harn zu durchlaufen hat, diesem mittheilen. Das Vorkommen von Menstrualblut im Harne zeigt, dass auch an der Harnröhrenmündung selbst noch eine solche Beimischung stattfinden kann.

Der Nachweis des Eiweisses im Harne ist sehr einfach.

Eine kleine Menge des Harnes erhitzt man im Proberöhrchen, ohne weiteres, wenn der Harn schon sauer reagirt, oder nach Zusatz eines Tröpfchens verdünnter Essigsäure bei alkalischer oder neutraler Reaction zum Kochen. Enthält der Harn Eiweiss, so entsteht dadurch (bei 70⁰) ein Coagulum oder eine mehr weniger dichte, flockige, weisse Trübung, welche auf Zusatz von Salzsäure nicht verschwinden darf. Verschwindet dabei der Niederschlag, was in alkalischem oder neutralem Harne geschehen kann, so bestand er nicht aus Eiweiss sondern aus phosphorsauren Erden.

Bei dem Ansäuern des Harnes zum Zweck der Albuminbestimmung hat man sich sorgfältig vor einem Ueberschuss von Essigsäure zu hüten, da diese in der Wärme das Albumin zu lösen vermag.

In einer eiweisshaltigen Flüssigkeit, also auch im Harne, erzeugt Salpetersäure einen flockigen, weissen Niederschlag, der sich in sehr viel Wasser wieder löst.

Die meisten Metallsalze, auch Alaun bewirken in Eiweisslösungen Niederschläge. Vor allem verwendet man, um die Anwesenheit des Eiweisses nachzuweisen, die Fällung mit Sublimat (Quecksilberchlorid).

In manchen Fällen kann es wünschenswerth sein, nachzuweisen, ob das Eiweiss aus aufgelösten Blutkörperchen stammt. Die Harnfarbe muss dann auf Blut deuten, ohne dass das Mikroskop Blutkörperchen nachzuweisen vermag.

Das Eiweissgerinsel in solchen Harnen ist dann meist rothbraun, oder röthlich gefärbt. Kocht man dieses Coagulum mit schwefelsäurehaltigem Alkohol, so wird derselbe durch Aufnahme von Blutfarbestoff roth oder rothbraun gefärbt.

Solche Harne finden sich bisweilen bei Scorbut, putriden, typhösen Fiebern, bei bösartigen Wechselfiebern, nach Einathmung von Arsenwasserstoffgas und, wie Bamberger gezeigt hat, nach Schwefelsäurevergiftung, alles Krankheiten, bei denen ein massenhafter Zerfall von Blutkörperchen (Blutdissolution) stattfindet.

Auch Beimischung von Eiter muss den Harn albuminhaltig machen.

Es versteht sich danach von selbst, dass jeder Nachweis von Eiweiss im Harne eine mikroskopische Untersuchung, welche Rechenschaft über die Quellen dieser abnormen Zumischung ergeben soll, erfordert.

Wenn viel Blut im Harne enthalten ist, so muss sich in ihm auch Faserstoff finden. Letzterer kommt im Harne entweder geronnen oder gelöst vor. Die Blutcoagula sind so charakteristisch, dass sie sich auch mit freiem Auge nicht verkennen lassen. Manchmal sind die Blutcoagula bei Blutungen in die Harnwege so mächtig, dass sie letztere verstopfen. Findet die Gerinnung schon in den Harnleitern statt, so können wurmförmige, lange Coagula

mit dem Harne entleert werden. Weiter unten werden wir noch mikroskopische Faserstoffcylinder im Harne kennen lernen.

In manchen Fällen findet sich im Harne auch flüssiges Fibrin meist als ungeronnenes Blut. Es scheidet sich oft erst nach einigen Stunden Stehen aus. Nur sehr selten — in tropischen Gegenden häufiger (nach RAYER auf Isle de France) — kommt ein coagulabler Harn vor, dessen Faserstoff nicht mit Blut in den Harn gekommen ist. Dieser Faserstoffgehalt des Harns hat für den Arzt dieselbe Bedeutung wie der Gehalt an ungeformtem Eiweiss. Er stammt aus einem faserstoffhaltigen Transsudat, das sich abnormerweise in den Harn ergossen hat.

Ein Eiweissgehalt des Harnes hindert jede chemische Bestimmung anderer Stoffe. Eiweisshaltiger Harn muss zu allen Bestimmungen zuerst von seinem Eiweiss befreit werden. Man coagulirt dazu dasselbe und filtrirt es ab. Der filtrirte Harn wird dann etwaigen anderen chemischen Proceduren unterworfen.

Ein quantitativer Nachweis des Eiweisses oder Blutes wird nur in den seltensten Fällen nöthig sein. Er kann nur in einem chemischen Laboratorium mit Wasserbad und feiner chemischer Waage ausgeführt werden. Das Eiweissgerinnsel wird abfiltrirt, ausgewaschen, bei 100° getrocknet und gewogen.

Zucker im Harne. Der Harn soll Krümelzucker ($C_{12} H_{12} O_{12}$) schon im normalen Zustande des Organismus in ganz geringen Spuren enthalten. Der Nachweis derartig geringer Zuckermengen erfordert eine genaue, chemische Untersuchung, die nicht Jedermanns Sache ist.

In pathologischen Zuständen im Diabetes mellitus oder der Zuckerharnruhr, auch in seltenen Fällen nach Gehirnverletzungen findet sich eine so gesteigerte Zuckermenge im Harne, dass der Zuckernachweis keine Schwierigkeit für einen einigermaassen Geübten besitzt. Nur, wenn der Zucker leicht nachweisbar ist, ist er für den Arzt von wirklicher Bedeutung.

Der Verdacht auf einen Zuckergehalt des Harnes entsteht, wenn der Harn in sehr grossen Massen und sehr wenig gefärbt entleert wird und trotzdem ein höheres specifisches Gewicht besitzt als seine scheinbare Verdünnung vermuthen liesse (1023—1030 und mehr).

Füllt man in ein möglichst enges Proberöhrchen von dem auf Zucker zu prüfenden Harn ein, setzt Natronlauge zu, schüttelt, um beide zu mischen, und erhitzt nun den oberen Theil der Mischung, so färbt sich dieser bei Gegenwart von Zucker rothbraun. Dadurch ist die Anwesenheit von Zucker sehr wahrscheinlich gemacht.

Bewiesen wird der Zuckergehalt durch den Eintritt einer Reduction von Kupferoxyd zu Oxydul in erwärmter alkalischer Lösung.

Um diese Prüfung zu machen, versetzt man Harn in einem Proberöhrchen mit etwas Natronlauge und setzt nun vorsichtig eine geringe Menge einer äusserst verdünnten Lösung von schwefelsaurem Kupferoxyde (blauen Kupfervitriol) zu, bis eben eine ganz geringe flockige Trübung in der Mischung eintritt, die sich trotz der starken Verdünnung der Kupferlösung schön blau färbt. Bei geringen Zuckermengen ist es besser, nur so geringe Kupferquantität zuzusetzen, dass noch kaum eine Trübung deutlich wird. Erwärmt man die Mischung, so wird sie zuerst an der Oberfläche missfarbig, dann gelb, später setzt sich ein schön rother Niederschlag von reducirtem Kupferoxydul ab.

Verdampft man einige Tropfen eines zuckerhaltigen Harnes bei 100° C. zur Trockene und befeuchtet den Rückstand mit einigen Tropfen verdünnter Schwefelsäure und dampft wieder ab (auf einem Porzellanscherben), so entsteht ein intensiv schwarzer Fleck.

Bringt man zuckerhaltigen Harn mit Hefe zusammen, so wird, besonders rasch in einer mittleren Temperatur von 20—25° C., eine Gährung eintreten, welche Alkohol liefert.

Ist der Harn so arm an Zucker, dass sein Nachweis mit den genannten Proben nicht mit Sicherheit gelingt, so macht man ein weingeistiges Extract des Harnes, den man bei 100° bis fast zur Trockene verdampft hat. Der Weingeist wird verdunstet, der Rückstand wieder in Wasser gelöst und mit ihm die Reductionsprobe angestellt.

Entsteht im Harne keine schöne gelbe Färbung oder ein rother Niederschlag bei der

Reductionsprobe, so darf man keinen krankhaften Gehalt an Zucker vermuthen. Eine Verfärbung, ein Missfarbigwerden tritt bei der Reductionsprobe in jedem Harne ein, da der Harn noch einige in geringem Grade wie Zucker reducirende Substanzen enthält: Kreatinin, Harnsäure.

Bei dem Zucker kann es oft wünschenswerth sein, eine quantitative Bestimmung der im Tage durch den Harn ausgeschiedenen Zuckermenge, welche mehrere Pfunde betragen kann, vorzunehmen. Der quantitative Nachweis wird besonders zur Controle der therapeutischen oder diätetischen Erfolge (Fleischnahrung) von Wichtigkeit.

Die quantitative Methode der Zuckerbestimmung basirt auf der oben geschilderten Reductionsmethode. Man setzt zu einer gemessenen Menge einer alkalischen Kupfervitriollösung, von der man durch Versuch in einer gleichgrossen Quantität vorher bestimmt hat, wie viel sie Zucker bis zur vollkommenen Reduction allen Kupferoxyds zu Oxydul bedarf, so viel von dem Zuckerharne aus einer Burette zu, bis eine vollkommene Reduction eingetreten ist. Der Moment, wenn genau alles Kupferoxyd reducirt ist, kennzeichnet sich dadurch, dass nun die Kupferflüssigkeit, in der ein schön rother Niederschlag entstanden ist, keine blaue Färbung mehr erkennen lässt, sie muss dann vollkommen farblos geworden sein.

1 Aequivalent Krümelzucker (180) fällt das Kupfer aus 10 Aequivalenten Kupfervitriol (1247,5).

Zur Anfertigung der Titrirflüssigkeit der FEHLING'schen Kupfervitriollösung, löst man 34,65 Gramm reinen krystallisirten Kupfervitriol in etwa 160 Ccm. Wasser auf; löst ferner 173 Gramm krystallisirtes, völlig reines weinsaures Kalinatron in 600—700 Gramm Natronlauge von 1,12 spec. Gewicht, mischt dann beide Flüssigkeiten gut und verdünnt das Gemisch bis es gerade 1 Liter beträgt. Die Flüssigkeit wird bei längerem Aufbewahren durch Zersetzung leicht unbrauchbar, sodass sie beim Kochen ohne Zuckerzusatz reducirt wird. Sie ist im Dunkeln, kühl, in ganz gefüllten Flaschen aufzuheben.

Zur Ausführung der Analyse misst man 20 Ccm. der FEHLING'schen Lösung mit einer Pipette ab, lässt sie in einen Glaskolben oder eine weisse Porzellanschale fliessen und setzt etwa das 4fache Volumen Wasser zu.

Nun bringt man von dem Harne, dessen Zuckergehalt bestimmt werden soll, 10 Ccm. in ein Messgefäss und verdünnt, wenn er nur etwas concentrirt ist, bis auf 100 Ccm. mit Wasser. Von der gut gemischten Flüssigkeit füllt man in eine Burette. Man erhitzt nun durch eine kleine Flamme die verdünnte Kupferlösung bis zum beginnenden Kochen, versetzt zuerst mit 2 Ccm. des verdünnten Harnes, lässt ein paar Secunden kochen und beobachtet, ob die Flüssigkeit noch blau bleibt. Ist dies noch der Fall, so setzt man ganz in derselben Weise wie das erste Mal verfahrend, von 1 Ccm. zu 1 Ccm. fortschreitet, weiter Harn zu, bis die Flüssigkeit über dem entstandenen rothen Niederschlage gerade farblos geworden ist. Man liest dann an der Burette ab, wie viel Ccm. von dem verdünnten Harne bis zur vollkommenen Reduction verbraucht wurden und berechnet daraus den Procentgehalt des unverdünnten Harnes an Zucker.

1 Ccm. der FEHLING'schen Lösung von der oben angegebenen Concentration bedürfen genau 5 Milligramm Traubenzucker zur vollkommenen Reduction allen Kupferoxyds. 20 Ccm. entsprechen also 0,1 Gramm Zucker; die zur völligen Entfärbung der 20 Ccm. Kupferlösung erforderliche Quantität Harn enthält also genau 0,1 Gramm Zucker. Waren nun z. B. zu der Reduction der 20 Ccm. Lösung 15,5 Ccm. des verdünnten Harns erforderlich und war der Harn auf $\frac{1}{10}$ verdünnt, wie oben angegeben wurde, so entsprechen die 15,5 Ccm. der Verdünnung 1,55 Ccm. Harn. Diese 1,55 Ccm. Harn enthalten genau 0,1 Gramm Zucker in 100 Ccm. Harn sind also:

$$\frac{100 \cdot 0,1}{1,55} = 6,45 \text{ Gramm Zucker.}$$

Es versteht sich nach dem einleitend Gesagten von selbst, dass man die Zuckermenge nicht auf 100 Ccm. Harn sondern auf die während einer bestimmten Zeit, etwa in 24 Stunden

ausgeschiedene, genau gemessene Gesammtharnmenge beziehen muss, wenn man Etwas über Vermehrung oder Verminderung des Zuckergehaltes des Harnes zu erfahren wünscht.

Die Bestimmung des Harnstoffs kann für den Arzt in qualitativer Beziehung nur selten von Wichtigkeit sein. Es müsste sich darum handeln, ob eine als Harn ausgegebene, verdächtig aussehende Flüssigkeit wirklich Harn ist, also Harnstoff enthält. Die von Liebig angegebene Methode der quantitativen Bestimmung des Harnstoffs im Harne durch Titrirung ist so einfach und leicht ausführbar, dass man sich ihrer in den meisten Fällen auch für qualitative Nachweisung bedienen wird. Der Harnstoff bildet mit Salpetersäure und Oxalsäure charakteristische Krystalle (siehe unten).

Das Princip der Methode Liebig's beruht in Folgendem.

Setzt man zu einer verdünnten reinen Harnstofflösung eine Lösung von salpetersaurem Quecksilberoxyd, so bildet sich sofort ein Niederschlag von Harnstoff, Salpetersäure und Quecksilberoxyd von der Zusammensetzung $C_2 H_4 N_2 O_2, NO_5 + 4 HgO$.

Bringt man zu einem Tropfen der Harnstoffquecksilbermischung einen Tropfen kohlensaures Natron so entsteht so lange ein weisser Niederschlag als noch nicht genügend salpetersaure Quecksilberoxydlösung zugesetzt ist, um allen Harnstoff auszufällen. Ist aber nur ein sehr geringer Ueberschuss von Quecksilberlösung zugefügt, so giebt kohlensaures Natron einen gelben Niederschlag. Dieser gelbe Niederschlag ist als Zeichen, dass nun aller Harnstoff ausgefällt ist, die Endreaction bei der Harnstofftitrirung.

Im Harne finden sich neben dem Harnstoff noch phosphorsaure Salze und Chlor, welche die Harnstoffbestimmung erschweren. Die Phosphorsäure, welche mit Quecksilberoxydsalzen auch einen Niederschlag giebt, muss vor der Harnstoffbestimmung ausgefällt werden. Um ganz genaue Harnstoffbestimmungen zu erhalten, muss aus dem Harne auch das Chlor entfernt werden, was durch Ausfällen mit Silberlösung möglich ist. Setzt man zu einer Harnstofflösung, welche Kochsalz enthält, salpetersaures Quecksilber zu, so setzt sich letzteres mit dem Kochsalze zu Quecksilberchlorid und salpetersaurem Natron um. Das Quecksilberchlorid fällt den Harnstoff nicht. Es entsteht also in einer gemischten Lösung von Harnstoff und Kochsalz wie im Harne erst dann der geforderte Niederschlag, wenn alles Chlor an Quecksilber getreten ist. Liebig gründete auf dieses Verhalten seine Chlorbestimmung im Harne, indem er den nach der Bindung des Chlors auftretenden Niederschlag mit Harnstoff als Endreaction benützte. Im Harne bedingt also die Anwesenheit von Chlor einen manchmal nicht unbedeutenden Fehler der Harnstoffbestimmung. Man berechnet die Harnstoffmenge in der untersuchten Harnprobe nach der Zahl der zur Ausfällung verbrauchten Ccm. der salpetersauren Quecksilberoxydlösung. Das Kochsalz, welches einen Theil des zugesetzten Quecksilbersalzes für seine Umsetzung in Beschlag nimmt, wird also die Harnstoffmenge zu gross erscheinen lassen. Kennt man die im Harne enthaltene Chlormenge, so kann man auf einfache Weise an dem Resultat der Harnstoffbestimmung eine genügend scharfe Correction (Verminderung) anbringen. Nach Liebig zieht man für 10 Ccm. Harn, die man titrirt hat, im Mittel 1,5—2,5 Ccm. der verbrauchten Anzahl Ccm. Quecksilberlösung ab, was dem durchschnittlichen Chlorgehalt des Menschenharnes entspricht.

Zur Ausführung der Harnstoff-Titrirung bedarf man folgender Lösungen:

1) eine Lösung von kohlensaurem Natron, oder einen Brei von mit Wasser angerührtem doppelt kohlensaurem Natron.

2) eine Barytmischung. Man mischt 2 Volumen kalt gesättigtes Barytwasser (Aetzbaryt wird dazu mit destillirtem Wasser übergossen und stehen lassen unter öfterem Aufschütteln) und 1 Volum ebenfalls kalt gesättigter Lösung von salpetersaurem Baryt. Die Mischung muss in gut verschlossenen Flaschen aufbewahrt werden.

3) eine Normalharnstofflösung. Sie ist eine Lösung von 2 Gramm, bei 100° C. gut getrockneten, reinen Harnstoffs in Wasser, die so verdünnt ist, dass sie gerade 100 Ccm. beträgt.

4) Titrirte salpetersaure Quecksilberoxydlösung. Um sie herzustellen,

verdünnt man concentrirte Lösung von reinem salpetersauren Quecksilberoxyd (welche mit Chlornatrium keine Trübung geben darf) mit dem etwa 4 fachen Volumen Wasser. Nach gehörigem Schütteln füllt man mit dieser verdünnten Lösung eine Burette.

Dann misst man mit einer Pipette 10 Ccm. Harnstofflösung ab in ein kleines Becherglas. Nun setzt man einige Ccm. (2—3) der Quecksilberlösung zu, wodurch ein Niederschlag entsteht, rührt und mischt mit einem Glasstabe gut und nimmt dann aus dem Bechergläschen mit dem Glasstabe einen Tropfen heraus. Diesen setzt man auf eine Glasplatte, welche man auf schwarzes Papier gelegt hat. Mit einem reinen Glasstabe bringt man einen Tropfen der kohlensauren Natronlösung mit dem ersten Tropfen so zusammen, dass man letzteren in die Mitte des ersteren von dem Glasstabe eintropfen lässt. Es entsteht dadurch ein begrenzter weisser Niederschlag, der auch nach einigen Secunden noch weiss bleibt, wenn noch kein Ueberschuss von Quecksilber zur Harnstofflösung zugesetzt ist.

Man fährt nun mit dem Zusetzen der Quecksilberlösung aus der Burette zur Harnstofflösung von 1 Ccm. zu 1 Ccm. vorschreitend so lange fort, bis der erst entstehende weisse Niederschlag durch das eingetropfte kohlensaure Natron nach einigen Secunden g e l b erscheint. Es zeigen sich zuerst in der weissen Masse gelbe Körnchen. Ist einmal der ganze Niederschlag citronengelb gefärbt, so hat man schon einen etwas zu grossen Ueberschuss von Quecksilber zugesetzt. Durch den Zusatz der Quecksilberlösung zur Harnstofflösung entsteht in dieser eine stark saure Reaction, durch welche das Gelbwerden etwas zu früh eintritt. Man setzt, wenn die erste leicht gelbe Färbung eingetreten ist, zur Mischung in das Bechergläschen so viel kohlensaure Natronlösung zu, dass die Reaction nur noch eben schwach sauer ist. Dann muss man meist noch etwas Quecksilber zusetzen, um einen Ueberschuss (gelbe Färbung des Tropfens mit kohlensaurem Natron) zu haben.

Die Quecksilberlösung soll so verdünnt sein, dass 1 Ccm. von derselben etwa 10 Milligramm Harnstoff fällt und die gelbe Reaction giebt. Man muss, wenn die Verdünnung richtig ist, also 10 Ccm. der Quecksilberlösung zu 10 Ccm. der Harnstofflösung, welche 20 Milligramm Harnstoff enthalten, geben. Hat man bei der geschilderten ersten Titrirung z. B. 6 Ccm. der noch nicht richtig verdünnten Quecksilberlösung für die verwendeten 10 Ccm. Harnstofflösung verbraucht, bis die gelbe Endreaction eintrat, so würden zu je 6 Ccm. der Quecksilberlösung noch 14 Ccm. Wasser zuzufügen sein, um die gewünschte Verdünnung zu erhalten. In Wirklichkeit darf man nicht ganz soviel Wasser zusetzen, da man dadurch die Lösung zu sehr verdünnen würde. Hat man die Verdünnung vorgenommen, so titrirt man von neuem 10 Ccm. der Harnstofflösung in der oben geschilderten Weise und stellt dadurch fest, wieviel Harnstoff genau 1 Ccm. der Quecksilberlösung entspricht. Es liegt natürlich nicht viel daran, ob 1 Ccm. gerade 10 Milligramm oder einer grösseren oder kleineren Quantität Harnstoff entspricht. Die runde Zahl 10 erleichtert nur die Berechnung etwas.

D i e H a r n s t o f f b e s t i m m u n g i m H a r n e hat nach dem Gesagten nun keine wesentlichen Schwierigkeiten mehr. Nachdem man die gesammte Harnmenge, welche während einer bestimmten Zeit, für die man die Harnstoffausscheidung bestimmen will, wohl gemischt und genau mittelst eines Messglases gemessen hat, muss man sich zuerst überzeugen, ob der Harn eiweissfrei ist. Enthält er Eiweiss, so misst man 100 Ccm. in einem Messgefässe ab und coagulirt in einer Porzellanschale das Eiweiss nach den angegebenen Regeln über der Lampe. Nach dem Kochen bringt man die ganze Flüssigkeit in das Messgefäss zurück, spült die Schale mit einigen Tropfen Wasser aus und ersetzt das bei dem Kochen verdunstete Wasser durch destillirtes, bis wieder 100 Ccm. erreicht sind. Den Harn mit dem Niederschlag bringt man dann auf ein unangefeuchtetes Filter. Der filtrirte Harn kann nun ohne Weiteres genau so behandelt werden wie eiweissfreier, ohne dass die Berechnung der Resultate etc. irgend welche Aenderung erleidet. Ebenso verfährt man bei der Zuckerbestimmung und allen anderen Bestimmungen in etwa eiweisshaltigem Harne.

Die Phosphorsäure muss nun zuerst aus dem Harne entfernt werden.

Man misst dazu 2 Volumina Harn in ein Bechergläschen und versetzt sie mit 1 Volum

der oben beschriebenen Barytmischung. Zu diesem Zwecke bedient man sich entweder einer Pipette, welche 20 Ccm. abmessen lässt, die man zweimal mit Harn und einmal mit Barytmischung füllt; oder man füllt ein Proberöhrchen zweimal mit Harn und einmal mit der Barytmischung an. Um die Volummessung in dem Proberöhrchen genau zu machen, streicht man den Gipfel der Flüssigkeit an dem ganz gefüllten Proberöhrchen mit einem Uhrgläschen glatt ab. Die zusammengegossenen Flüssigkeiten werden gut gemischt und auf ein unbefeuchtetes Filter gebracht. Von der filtrirten Flüssigkeit misst man mit einer 15 Ccm. haltenden Pipette 15 Ccm. heraus, welche nach der angegebenen Mischung 10 Ccm. Harn enthalten.

Diese Harnflüssigkeit wird nun genau nach denselben Regeln titrirt, die oben bei der reinen Harnstofflösung angegeben wurden. Man setzt von 1 Ccm. — 1 Ccm. Quecksilberlösung zu und prüft jedesmal einen mit dem Glasstabe nach gutem Rühren herausgenommenen Tropfen auf der Glastafel mit schwarzer Unterlage mittelst eines Tropfens kohlensauren Natrons. Tritt die erste Gelbfärbung des vorher weissen Niederschlags im Tropfen ein, so ist die Titrirung beendigt.

Man liest nun die Zahl der verbrauchten Ccm. der Quecksilberlösung an der Burette ab.

Hat man für die 10 Ccm. Harn, welche in den titrirten 15 Ccm. der filtrirten Harnmischung enthalten sind, 20 Ccm. Quecksilberlösung verbraucht, von welcher je 1 Ccm. 10 Milligramm Harnstoff entspricht, so enthalten die 10 Ccm. Harn 0,2 Gramm Harnstoff, 100 Ccm. also 2 Gramm. Um zu finden, wieviel Harnstoff im Tage (24 Stunden) ausgeschieden wurde, hat man nun eine sehr einfache Rechnung. Nehmen wir an, die Gesammtharnmenge in 24 Stunden hätte 1500 Ccm. betragen, so wurden während dieser Zeit ausgeschieden:

$$\frac{1500 \;.\; 0,2}{10} = 30 \text{ Gramm Harnstoff.}$$

Bei grösserem oder geringerem Gehalt des Harns an Harnstoff hat man noch Correcturen an dem direct gefundenen Werth anzubringen. Hat man zur Titrirung mehr als 30 Ccm. Quecksilberlösung verbraucht, so setzt man vor der Prüfung mit kohlensaurem Natron der Mischung die Hälfte der mehr als 30 Ccm. verbrauchten Ccm. an Wasser zu.

Hat man weniger als 30 Ccm. verbraucht, so zieht man für je 5 Ccm., die man weniger gebraucht hat, 0,1 Ccm. ab und berechnet erst den so erhaltenen Rest der Ccm. auf Harnstoff.

Das specifische Gewicht des Harnes hängt bei nicht zuckerhaltigen Harnen hauptsächlich von dem Harnstoffgehalt ab. Für die raschere Harnstoffbestimmung ist es von Werth zu wissen, dass man die beiden hinteren Zahlen des gefundenen specifischen Gewichts des Harnes nur zu verdoppeln hat, um annähernd die Zahl der Ccm. zu erhalten, die man zu 15 Ccm. Harnmischung, nach der oben angegebenen Methode hergestellt, zuzusetzen hat, bis die Endreaction eintritt.

Im Hundeharn ist die Menge der Phosphorsäure so gross, dass man die Harnmischung mit gleichen Volumen Harn und Barytmischung herzustellen hat.

Wir haben im Allgemeinen schon über den Werth, welchen quantitative Bestimmungen von Harnbestandtheilen für den Arzt haben können, gesprochen. Alles was dort im Allgemeinen gesagt wurde, gilt im Besondern vor allem für den Harnstoff, das Hauptproduct des Eiweissumsatzes. Alle anderen stickstoffhaltigen Harnbestandtheile stehen aber zur Menge des Harnstoffs in einer einfachen Beziehung. Wird mehr Harnstoff im Körper erzeugt (z. B. durch vermehrte Nahrungszufuhr), so wird auch mit ihm entsprechend mehr Harnsäure, Kreatinin, bei Hunden Künurensäure etc. im Harn ausgeschieden. Auch die Schwefelsäure und Phosphorsäure stammen im Harne aus dem Umsatz der Albuminate, wenn sie nicht als Medicament dargereicht wurden; ihre Vermehrung und Verminderung hat also fast genau die gleiche Bedeutung wie die des Harnstoffs und wird mit letzterer gleichzeitig eintreten.

Die Vermehrung der Ausscheidung der genannten im Harn enthaltenen Stoffe hängt also stets bei Gesunden wie Kranken vor allem von gesteigertem Appetit und dadurch ver-

mehrter Nahrungsaufnahme ab. Im Fieber scheint jedoch auch ohne Nahrungsaufnahme die Harnstoffausscheidung gesteigert zu sein. Dies rührt her von einer gesteigerten Zersetzung der Körperalbuminate wie aller anderen Körperstoffe im Fieber, welche auch durch die bedeutende Abmagerung und den Kräfteverlust durch fieberhafte Krankheiten bewiesen wird. Hie und da kommen unabhängig von der Nahrung momentane Harnstoffvermehrungen vor, die sich durch plötzliche Ausscheidung im Körper aufgehäuften Harnstoffs erklären z. B. bei Resorption hydropischer Ergüsse.

Verminderung des Harnstoffs hängt meist von verminderter Nahrungsaufnahme ab. In seltenen Fällen von einem Zurückhalten gebildeten Harnstoffs im Körper (Wassersucht, Urämie).

Bei allen acuten fieberhaften Krankheiten (Pneumonie, Typhus etc.) ist der Gang der Harnstoffausscheidung gewöhnlich folgender (J. Vogel):

Im Anfang bis die Acme des Fiebers vorüber ist, erscheint die Harnstoffmenge, trotz gleichzeitiger knapper Diät und trotz einer gleichzeitigen Verminderung der Urinmenge in der Regel vermehrt, bisweilen sehr bedeutend, bis auf 50, 60 ja 80 Gramm in 24 Stunden.

Später, wenn mit dem Nachlass des Fiebers die Erhöhung des Stoffverbrauches nachgelassen hat, während die fortdauernde Störung des Appetits eine verminderte Nahrungsaufnahme bedingt, sinkt die Harnstoffmenge unter die Norm.

In der Reconvalescenz erhebt sie sich allmählich wieder bis zur Norm, um diese bei gesteigertem Appetite häufig zu übertreffen.

Natürlich wird dieser regelmässige Gang durch individuelle Verhältnisse vielfach modificirt.

Bei den meisten chronischen Krankheiten, die mit Verminderung des Stoffumsatzes im Körper und mit mangelnder Ernährung verbunden sind, sinkt die Harnstoffmenge unter die Norm — durch inzwischen eintretende Steigerungen des Leidens (Exacerbationen, durch Febris hectica etc.) wird sie hie und da für kürzere oder längere Zeit wieder gesteigert.

Gegen das tödtliche Ende vieler Krankheiten, in denen der Körper wie im äussersten Hungerzustande aufgezehrt wurde, ist die tägliche Harnstoffmenge oft ungemein gering, 5 bis 6 Gramm.

Durch Ablagerung wässeriger (hydropischer) Ergüsse in die Körperhöhlen kann die Harnstoffausscheidung manchmal plötzlich sinken, da sich in den genannten Flüssigkeiten Harnstoff aufhäufen kann. Werden solche Ergüsse resorbirt nach therapeutischer Einwirkung oder durch im Körper selbständig zur Wirksamkeit gelangte Ursachen, so kann wie gesagt die Harnstoffausscheidung und die Harnmenge mit einem Mal sehr gesteigert werden, ohne dass Ernährungsverhältnisse einen Wechsel erlitten hätten.

Wird ohne hydropische Ergüsse Harnstoff im Körper zurückgehalten z. B. bei Nierenleiden, Cholera, so tritt Harnstoffvergiftung im Körper ein.

Urämie, Harnvergiftung des Blutes entsteht dann, wenn durch gehemmte Nierenausscheidung die in den Körperorganen gebildeten Harnbestandtheile im Blute zurückgehalten und angehäuft wird. Dieser Zustand hat seit älteren Zeiten das Interesse der Aerzte auf sich gelenkt. Der Harnstoff war das erste derjenigen Gifte, die der Organismus durch die Nieren eliminirt, welches eine eingehende Untersuchung in Beziehung auf seine Wirksamkeit im Organismus gefunden hat.

Man hatte früher die comatösen Erscheinungen, die Zuckungen und Krämpfe, welche auf Unterdrückung der Nierenfunction eintreten, allein dem gesteigerten Gehalt des Blutes an Harnstoff zugeschrieben. Die Untersuchungen Zalesky's haben mit aller Sicherheit ergeben, dass der Harnstoff wenigstens nicht allein, auch nicht zersetzt als kohlensaueres Ammoniak (Frerichs) die urämischen Erscheinungen bedingen kann. Er sah nämlich auch urämische Erscheinungen (Coma) bei Vögeln und Schlangen eintreten, denen er die Nieren ausgeschnitten oder die Ureteren unterbunden hatte, welche Thiere normal keinen Harnstoff bilden und entleeren. Ihr Harn besteht hauptsächlich aus Harnsäure,

Es ist damit der Beweis geliefert, dass der Harnstoff bei den urämischen Erscheinungen wenigstens nicht allein beschuldigt werden darf. Sicher kommen neben ihm auch andere Stoffe und Agentien zur Wirkung, welche Veränderungen der normalen Zustände des Gehirnes und der Nerven hervorbringen. TRAUBE zeigte, dass schon ein gesteigerter Wassergehalt des Gehirnes (Oedem), wie er in Folge der gehinderten Nierenausscheidung eintritt, comatöse Zustände, die der Urämie ähneln, erzeugen könne. MEISSNER lehrte, dass nach Einspritzung von Kreatinin ins Blut von Hunden bei diesen Mattigkeit und Zuckungen eintreten. Nach den Untersuchungen von CL. BERNARD, TRAUBE und mir über die Wirkung der Kalisalze stehe ich nicht an, die an Sicherheit grenzende Vermuthung auszusprechen, dass ein Theil des Symptomencomplexes der Urämie sich auf die Aufhäufung von Kalisalzen im Blute, die durch den Harn nicht entfernt werden können, beziehen.

Wir haben also hier ein combinirtes Resultat vor uns, an dem sich verschiedene Einflüsse, die einander auch theilweise ersetzen können, betheiligen.

Dem Harnstoff muss aber unstreitig auch eine wichtige Rolle bei der Erzeugung der Urämie zugeschrieben werden. Ich habe gefunden, dass der Harnstoff für den Organismus (Frosch) ein sehr heftiges Gift ist. MEISSNER fand, dass Harnstoff in Dosen von 1—2 Grmm. Kaninchen in das Blut eingespritzt, comatöse Erscheinungen hervorrief.

Aus meinen Untersuchungen ergiebt sich, dass der Harnstoff für alle Organe und Gewebe des Körpers vollkommen unschädlich ist, mit einziger Ausnahme einer ganz eng umgrenzten Partie im Gehirne, deren normale Thätigkeit er allein durch seine Anwesenheit, ebenso wie wir das bei den »ermüdenden Stoffen« in Beziehung auf den Muskel finden werden, vernichtet.

Die durch die Harnstoffeinspritzung betroffene Hirnpartie liegt zwischen der Mitte des Grosshirnes und der Mitte der Vierhügel (Frosch), wohin etwa auch SETSCHENOW das von ihm aufgefundene Reflexhemmungscentrum verlegt. Die Wirkung der Harnstoffinjection scheint primär eine Reizung des Reflexhemmungscentrums zu sein, aus der sich allmählich eine Lähmung des gesammten peripherischen Reflexapparates entwickelt. Alle Reflexe werden daher nach der Harnstoffinjection zuerst träger, dann hören sie ganz auf, während Rückenmark, peripherische Nerven und Muskeln keine Veränderung ihrer Lebenseigenschaften erkennen lassen.

Da neben den Reflexen auch die Spontanbewegungen nach Harnstoffinjection aufgehoben sind, so scheint der Harnstoff auch auf das nervöse Organ des Willens (in den Grosshirnhemisphären?) lähmend zu wirken.

Ganz analog wie Harnstoff wirkt auch nach meinen Beobachtungen Hippursäure; MEISSNER konnte keine Wirkung von Kreatin und Bernsteinsäure sehen; Harnsäure und harnsaures Natron fand ich ganz unwirksam.

Für den Arzt geht aus diesen physiologischen Mittheilungen hervor, dass gegen Urämie nur Anregung der Nierenthätigkeit helfen kann. Blutentziehung kann, da sie den Körper mit dem Blute auch die Urämie erzeugenden Stoffe entzieht und eine Aufnahme derselben aus den Geweben in das Blut hervorbringt, wodurch die Gewebe mehr weniger von ihnen befreit werden, nur momentane Besserung der Erscheinungen bewirken.

Die quantitative Bestimmung der Harnsäure erfordert eine grössere Geschicklichkeit in chemischen Untersuchungen als die des Harnstoffs, da sich hier keine Möglichkeit, ein Titrirverfahren anzuwenden, zeigt. Schon die geringe Menge Harnsäure, welche am Tage ausgeschieden wird, macht eine volumetrische Bestimmung der Harnsäure unmöglich. Sie muss in einem bestimmten Volumen Harn ausgefällt und auf einem bei 100°C. getrockneten und im Uhrglasapparat gewogenen Filter von aschefreiem Papier gesammelt, bei 100°C. getrocknet und gewogen werden.

Man verwendet zur Harnsäurebestimmung 100—200 Ccm. Harn. Diese versetzt man mit 5 Ccm. concentrirter Salpetersäure und lässt sie 48 Stunden stehen. Nach dieser Zeit hat sich an dem Boden und den Wänden des zur Ausscheidung benutzten Becherglases die

Harnsäure in mehr weniger grossen, gefärbten Krystallen angesetzt. Man hat sie mit grosser Vorsicht unter Zuhülfenahme einer kleinen abgestutzten Federfahne auf dem getrockneten Filter zu sammeln. Nun wird so lange mit Wasser ausgewaschen, bis das Waschwasser durch salpetersaures Silberoxyd nicht mehr käsig gefällt wird, also keine Salzsäure (Chlor) mehr enthält. Dann wird das Filter mit den Krystallen bei 100° C. im Wasserbade getrocknet und gewogen. Aus der in 100 oder 200 Ccm. Harn gefundenen Harnsäurequantität rechnet man auf die während eines Tages ausgeschiedene Gesammtmenge. In 100 Ccm. hätten wir z. B. 0,04 Grmm. trockene Harnsäure gefunden. Wenn in 24 Stunden 1500 Ccm. Harn entleert werden, so beträgt die Gesammt-Harnsäurequantität während dieser Zeit:

$$\frac{1500 \cdot 0{,}04}{100} = 0{,}6 \text{ Grmm.}$$

Die Harnsäure ist in Wasser etwas löslich. Nach Zabelin und Voit wird der dadurch bedingte Fehler corrigirt, wenn man das Filtrat mit dem Waschwasser mischt und auf je 100 Ccm. derselben 0,0045 Grmm. zu der gewogenen Harnsäurequantität addirt.

In ärztlicher Beziehung haben bisher die Harnsäurebestimmungen noch wenig Anhaltspuncte geliefert. Die physiologischen Beobachtungen haben ergeben, dass die harnsäureerzeugenden Momente direct Hand in Hand gehen mit den harnstoffbildenden, so dass ein constantes Harnsäure-Harnstoffverhältniss existirt. Wir werden also alle Einflüsse, die wir auf die Harnstoffausscheidung von Einfluss fanden, auch für die Harnsäure von Wichtigkeit finden.

Specielle Beobachtungen über die Harnsäureausscheidung in krankhaften Zuständen verdanken wir vor allem den Untersuchungen H. Ranke's:

In der Leukämie mit Milzvergrösserung findet sich die tägliche Harnsäuremenge sowohl absolut als relativ zum Harnstoff bedeutend vermehrt.

Im Fieber, wenn die Harnstoffausscheidung gesteigert ist, zeigt sich meist auch eine correspondirende Harnsäurevermehrung.

In der chronischen Gicht ist die Harnsäuremenge im Harne vermindert.

Im Diabetes mellitus fehlt zuweilen die Harnsäure im Harne ganz, zuweilen ist sie in normaler Menge vorhanden.

Grosse Gaben schwefelsauren Chinin's vermindern bei Gesunden die Harnsäure im Harne.

Bei der Besprechung der Stoffvorgänge in der Milz wurde schon erwähnt, dass H. Ranke in diesem Organe die Hauptstätte der Harnsäurebildung vermuthe.

Der qualitative Nachweis der Harnsäure wird bei Besprechung der Sedimente gegeben werden.

Der Nachweis des Chlors im Harne geschieht qualitativ durch Zusatz von salpetersaurem Silberoxyd in Lösung, wodurch ein weisser, käsiger Niederschlag entsteht, der sich beim Stehen am Lichte schwärzt: Chlorsilber.

Liebig lehrte eine einfache Titrirmethode zur quantitativen Bestimmung des Chlor- respective Kochsalzgehaltes im Harne. Zu dieser Bestimmung bereitet man sich eine Lösung von reinem, geschmolzenem salpetersaurem Silberoxyd, von dem man 29,063 Grmm. abwiegt, in Wasser löst und die Lösung bis zu einem Liter verdünnt. Die Lösung wird gut gemischt, vor Licht geschützt in schwarzen Flaschen gut verschlossen aufbewahrt.

1 Ccm. dieser Silberlösung entspricht 10 Milligrmm. Chlornatrium oder 6,07 Milligrmm. Chlor.

Um die Kochsalzbestimmung im (eiweissfreien) Harne vorzunehmen, mischt man von ihm 10 Ccm. in ein Becherglas, setzt einige Tropfen einer concentrirten Lösung von neutralem chromsaurem Kali hinzu und lässt nun aus der Bürette von der Silberlösung solange zufliessen, bis der beim Einfallen der Tropfen entstehende Niederschlag auch nach gutem Mischen der Flüssigkeit roth bleibt. Die erste bleibende Röthung zeigt an, dass nun alles Chlor ausgefällt und eine Spur Silber an Chromsäure gebunden ist. Nach Ablesung

der bis zum Rothwerden verbrauchten Silberlösung ist die Berechnung der Analyse genau nach dem für die Titrirungen angegebenen Regeln vorzunehmen.

Die Bestimmung der Phosphorsäure im Harne und anderen Lösungen kann mit grosser Genauigkeit volumetrisch, durch Titriren vorgenommen werden.

Essigsaures Uranoxyd giebt mit phosphorsauren Verbindungen in essigsaurer Lösung einen hellgrauen, flockigen Niederschlag. In sauren Uranoxydlösungen giebt Ferrocyankalium einen dunkelbraunen Niederschlag. Durch einen Zusatz von Ferrocyankalium kann also in einer essigsauren Flüssigkeit, in welcher man die Phosphorsäure mit essigsaurem Uranoxyde gefällt hat, ein Ueberschuss von Uranoxyd nachgewiesen werden.

Darauf gründet sich das Titrirverfahren bei Bestimmung der Phosphorsäure in Lösungen und im Harne.

Man bedarf dazu:

1) Ferrocyankaliumlösung von unbestimmter Concentration.

2) Eine Normallösung von phosphorsaurem Natron von bekanntem Phosphorsäuregehalt. Das käufliche phosphorsaure Natron wird aus heissem Wasser umkrystallisirt, gut abgetrocknet, zerrieben und zwischen Filtrirpapier nochmals abgepresst. Davon wiegt man 10,085 Gramm ab, löst sie in Wasser und verdünnt die Lösung, bis sie gerade 1 Liter beträgt. 100 Ccm. der Lösung enthalten 0.2 Gramm Phosphorsäure.

3) Eine Lösung von Essigsäure und essigsaurem Natron. Man löst dazu 100 Gramm krystallisirtes, essigsaures Natron in Wasser, fügt 100 Ccm. starke Essigsäure hinzu und verdünnt mit Wasser bis zu 1 Liter.

4) Titrirte Lösung von essigsaurem Uranoxyd. Um sie herzustellen, löst man käufliches Uranoxyd in reiner Essigsäure und verdünnt etwas mit Wasser. Diese Lösung titrirt man auf die Normalphosphorsäurelösung und verdünnt sie dann so, dass 1 Ccm. der Lösung gerade 0,005 Gramm Phosphorsäure entsprechen.

Zur Ausführung der Phosphorsäurebestimmung im Harne mischt man 50 Ccm. des Harnes in ein Becherglas, fügt 5 Ccm. der Essigsäuremischung zu, erhitzt auf dem Wasserbade und lässt nun von 1 Ccm. zu 1 Ccm. von der titrirten Uranlösung so lange zufliessen, bis ein Tropfen der Flüssigkeit, den man auf eine weisse Porzellanplatte mit dem Glasstabe gebracht hat, mit einem Tropfen Ferrocyankalium, den man von der Seite her in den ersten Tropfen einfliessen lässt, eine erkennbare bräunliche Färbung giebt.

Die Berechnung der Analyse geschieht nach den schon bekannten Regeln.

Die Bestimmung der Schwefelsäure im Harne kann auch einfach durch Titriren geschehen. Man titrirt mit einer Lösung von Chlorbaryum und sucht den Punct, wo in einem klaren Tropfen der Lösung ein zugesetzter Tropfen einer schwefelsauren Natronlösung eben eine weisse Trübung hervorbringt, zum Zeichen, dass man einen Ueberschuss von Chlorbaryum zugesetzt hat.

Man bedarf dazu nur einer Chlorbaryumlösung von solcher Concentration, dass 1 Ccm. genau 10 Milligramm Schwefelsäure fällen. Man bereitet sie durch Auflösen von 30,5 Gramm krystallisirtem, gepulvertem, lufttrockenem Chlorbaryum und Verdünnen der Lösung bis zu 1 Liter. Mischt man von dieser Lösung 100 Ccm. ab und verdünnt sie auf 1 Liter, so entspricht von dieser verdünnten Lösung, welche für feinere Bestimmungen sich empfiehlt, 1 Ccm. nur 0,001 Gramm Schwefelsäure.

Zur Bestimmung der Schwefelsäure werden 50 Ccm. Harn in einem Glaskölbchen mit etwas Salzsäure versetzt und aufgekocht auf freiem Feuer. Zur siedenden Flüssigkeit setzt man Ccm.-weise die Barytlösung aus einer Bürette zu, schüttelt gut und lässt den entstandenen Niederschlag sich absetzen, was sehr rasch eintritt. Nun nimmt man nach Voit mit einem breiten Glasstabe von der obenstehenden, klaren Flüssigkeit einen Tropfen heraus, bringt ihn in ein Uhrglas und setzt einen Tropfen Chlorbaryumlösung zu. Entsteht dadurch eine Fällung von Schwefelsäure (weisse Trübung), so hat man noch mehr Chlor-

baryum aus der Burette zufliessen zu lassen. Zu diesem Zwecke kocht man im Kölbchen den Harn von neuem und tropft dann die Barytlösung ein, schüttelt wieder um und lässt absitzen. So fährt man fort bis Chlorbaryum keinen Niederschlag mehr bewirkt und nun ein solcher mit schwefelsaurem Natron eintritt. Das Ablesen der verbrauchten Ccm. der Barytlösung, die Berechnung der Analyse geschieht nach den bisher stets angewendeten Principien.

Hat man den Harn mit Salpeter und Natron verbrannt und bestimmt nun die Schwefelsäure, so ergiebt die Bestimmung einen nicht unbeträchtlich höheren Schwefelsäuregehalt als im frischen Harne. Nach Voit enthält der Harn normal einen schwefelhaltigen Körper, der beim Verbrennen Schwefelsäure liefert.

Schwefelwasserstoff im Harn ist mit Papier, das man mit essigsaurem Bleioxyd getränkt hat, durch die eintretende Schwärzung des Papieres leicht nachzuweisen. Der Geruch des schwefelwasserstoffhaltigen Harnes ist von dem des Schwefelwasserstoffs etwas verschieden.

Man kannte bisher Nichts, was sein Auftreten im Harne bei manchen Krankheitszuständen erklären konnte. In allen von mir beobachteten Fällen enthielt der Harn Eiter. Schönbein fand, dass jeder Harn, den man mit amalgamirten Zinkspähnen und Salzsäure versetzt, Schwefelwasserstoff entwickelt. Neuerdings wird angegeben, dass dazu ein Säurezusatz allein genügt. Mit Zinkspähnen entwickelt nach meinen Versuchen jeder Harn mit jeder Säure Schwefelwasserstoff. In sehr saurem Leichenharn nach Typhus sah ich Schwefelwasserstoff in bedeutender Menge. Bei einem Patienten, dessen Harn einige Tage mit dem Katheter abgenommen war, fand ich Schwefelwasserstoff in dem frisch entleerten, sauer reagirenden Harn, so dass unzweifelhaft der Schwefelwasserstoff schon in der Blase gebildet war. Im Athem konnte ich ihn jedoch nicht nachweisen. Dieser Harn hatte in hohem Grade die Fähigkeit, aus anderen Harnen, denen er in wenig Tropfen zugesetzt war, Schwefelwasserstoff zu entwickeln. Es zeigte sich, dass diese Fähigkeit, sich an organisirte Beimischungen, Fermente knüpfte, die in dem schwefelwasserstoffhaltigen Harne enthalten waren. Die in ihm entstehenden Schimmel- und Gährungspilze erregten in normalen Harn gebracht nach einigen Tagen Schwefelwasserstoffentwickelung. Der so geimpfte Harn konnte seinen eigenthümlichen Zersetzungsvorgang durch die in ihm entstandenen Organismen wieder auf einen dritten überpflanzen.

Es unterliegt also keinem Zweifel, dass wir es bei der Schwefelwasserstoffentwickelung im Harne mit einer Gährungserscheinung zu thun haben, die ich als *Schwefelwasserstoffgährung* bezeichne.

Von selbst habe ich sie in normalen Harnen niemals auftreten sehen, wenn ich von einem zweifelhaften Falle absehe. Die Schwefelwasserstoffgährung geht nur in sauren und neutralen Harnen vor sich, sie sistirt in stark alkalischen, aus denen man auch mit Zinkspähnen keinen Schwefelwasserstoff entwickeln kann.

Die Quelle, welche den Schwefel für den Schwefelwasserstoff in der Schwefelwasserstoffgährung liefert, ist der obengenannte, von Voit gefundene schwefelhaltige Harnbestandtheil, wie mir directe Bestimmungen ergeben haben.

Das Ferment, welches die Wasserstoffgährung im Harne erzeugt, konnte ich bisher nicht näher bestimmen. Ein Zusatz von fauligen Stoffen zu normalem Harn ergab mir negative Resultate, es entstand dadurch kein Schwefelwasserstoff. Vielleicht ist es dem Harne beigemischter Eiter, welcher diese eigenthümliche Zersetzung bewirkt.

Die Harnsedimente. In manchen Fällen wird der Harn schon trüb aus der Blase entleert. Bei längerem Stehen setzt sich dann häufig ein Bodensatz ab, während die überstehende Flüssigkeit klar wird. Viel häufiger ist es, dass sauer reagirender Harn vollkommen klar ausgeschieden wird und erst nachher sich trübt und ein mehr weniger rothes Sediment, »*Ziegelmehl*«, *Harnsäure* und *harnsaures Natron* (*harnsaurer Kalk*) fallen lässt. Nach längerem Stehen sedimentirt jeder normale Harn, da er dann alkalisch wird.

Man glaubte früher, dass das Auftreten eines Niederschlags in klar entleertem saurem Harne auf einer eigenthümlichen Gährungserscheinung beruhe, die man saure Gährung nannte. Der sauer entleerte Harn soll nach einiger Zeit anfangen, mehr Säure (Milchsäure) zu bilden, sodass seine saure Reaction an Stärke zunimmt. Diese neugebildete Säure sollte nun ebenso wirken wie ein Säurezusatz zum Harne, durch welchen wir eine Ausfällung der Harnsäure eintreten sehen.

In der Mehrzahl der Fälle tritt das Sedimentiren aber sicher aus einem viel naheliegenderen Grunde ein. Im Harne sind alle Salze als saure Verbindungen vorhanden. Die saure Harnreaction rührt vor allem von saurem phosphorsaurem Natron oder Kali her. Die Harnsäure ist im Harne meist an Natron gebunden als saures harnsaures Natron gelöst. Die Löslichkeit dieses Salzes ist nicht sehr gross und sehr von der Temperatur des Lösungsmittels abhängig. Jeder Krankenwärter weiss, dass in einer kalten Nacht, wenn es auch in den Krankensälen kalt geworden ist, alle Harne sedimentiren. Der Grund, warum ein Niederschlag (harnsaures Natron) eintritt, liegt also oft einzig in der Abkühlung des Harnes. Wenn der Harn, wie es besonders bei sparsamer Harnmenge in fieberhaften Krankheiten etc. vorkommt, für die Temperatur des Körpers nahezu mit harnsaurem Natron gesättigt ist, so wird er sogleich sedimentiren, sobald er aus der Blase entleert anfängt abzukühlen. Bei weniger concentrirten Harnen fällt bei der Normal-Zimmertemperatur noch nichts heraus, hier bedarf es dazu einer stärkeren Temperaturerniedrigung. Dass es sich bei den meisten Sedimentirungen im sauren Harn um dieses Verhältniss handelt, geht daraus hervor, dass die Sedimente meist verschwinden, wenn man den Harn auf die Bluttemperatur erwärmt.

Das saure phosphorsaure Natron wirkt auf das harnsaure Natron schliesslich auch zersetzend ein (Hofmann), sodass wie durch eine freie Säure reine Harnsäure aus jedem Harn abgeschieden werden kann.

Man pflegt sedimentirende Harne »kritische Harne« zu nennen. Man dachte sich früher die krankmachende Ursache direct als einen Stoff, den der Organismus auszustossen hätte, um wieder zur Norm zurückzukehren. Man pflegte dazu »kritische Entleerungen« durch die Respirationsorgane, den Darm, den Schweiss und namentlich den Harn anzunehmen. Im letzteren schien am leichtesten die Materia peccans anschaulich zu werden; man nahm die Trübung des sonst klaren Harnes direct für eine solche. Offenbar bedeutet das Auftreten einer stärkeren Sedimentirung im sauren Harne nur, dass der Harn entweder durch bedeutende Stoffzersetzungen oder durch Wassermangel concentrirter als gewöhnlich ist. Der letztere Grund ist bei weitem der häufigere. Man würde sehr irren, wenn man annehmen würde, dass das Sediment im Harn bedeutet, dass eine Mehrausscheidung von Harnsäure stattgefunden habe. In den allermeisten Fällen findet sich in (von harnsaurem Natron) sedimentirenden Harnen die Harnsäure absolut **nicht** vermehrt, wenn wir nicht procentisch, sondern auf eine bestimmte Zeit der Ausscheidung rechnen. Im Fieber erscheint die Wasserabgabe durch die Perspiration meist gesteigert, daher finden wir hier gerade sowie nach starken Märschen, bei denen man geschwitzt hatte, oder noch mehr nach Schwitzbädern den stets sparsamen Harn fast regelmässig sedimentirend.

Wenn der Harn längere Zeit steht, so bilden sich in ihm Zersetzungsvorgänge, Gährungserscheinungen aus, beruhend auf der Anwesenheit organisirter Fermente, Fadenpilzen, Conferven, Algen, Infusorien etc., welche zu einer Umsetzung des Harnstoffs in kohlensaures Ammoniak führen. Je mehr sich von diesem Stoff bildet, um so mehr nimmt die saure Reaction des Harnes ab, er wird neutral und hierauf von Tag zu Tag stärker alkalisch. Der Harn braust nun mit Säure (Kohlensäureentwickelung) und wird trüb. Es setzt sich ein schönes, weisses Sediment ab, bestehend aus den durch das Ammoniak ausgefällten **Erdphosphaten**. Das Sediment besteht aus **phosphorsaurem Kalke**, **phosphorsaurer Ammoniak-Magnesia** und **harnsaurem Ammoniak**.

Diese alkalische Gährung tritt bei verschiedenen Harnen zu sehr verschiedenen Zeiten ein. Während sich saurer Harn an kühlem Orte bedeckt aufbewahrt, Tage lang unzersetzt hält, wird mancher Harn namentlich bei krankhaften Zuständen der Blasenschleimhaut,

wenn Blasenschleim oder Eiter etc. dem Harne beigemischt ist, entweder sogleich alkalisch entleert, oder wenn er bei seinem Austritt auch sauer reagirte, so nimmt er doch sehr rasch die alkalische Reaction an. Es leuchtet ein, dass die beiden Ursachen der Sedimentirung: sehr stark saure Reaction eines concentrirten Harnes, wodurch Harnsäure ausgeschieden werden kann, oder alkalische Reaction des Harns in der Blase zur Bildung von Niederschlägen in der Blase selbst und damit zur Entstehung des schmerzhaften und gefährlichen Leidens der sogenannten Harnblasensteine Veranlassung geben können. Sitzt der krankhafte Process in dem Nierenbecken oder Ureteren, so können sich dort Concretionen verschiedener Art: Nierensteine ansetzen, welche bei ihrer Ablösung und Ausstossung, während sie den Ureter passiren, die bekannten, qualvollen Schmerzen in der Nierengegend gegen die Blase zu erzeugen.

Die mikroskopische Analyse der Harnsedimente giebt für den Arzt vollkommen genügenden Aufschluss über das Wesen derselben. Das Mikroskop zeigt hie und da auch Formelemente, welche das freie Auge nicht als Sediment erkannt hat. Es sind das vor Allem Epithelzellen aus der Blase und den übrigen Harnwegen, welche als zufällige Bestandtheile in jedem Harne enthalten sind. Ebenso etwas Schleim mit Schleimkörperchen.

Bei krankhaften Zuständen der Nieren (Harncanälchen) zeigt sich im Harne auch das Epithel der Harncanälchen. Diese Zellen lassen sich durch ihre bekannte Gestalt erkennen. Manchmal findet man sie mehr vereinzelt, oder zu mehreren zusammenhängend, manchmal bekommt man ein cylindrisches Stück eines zusammenhängenden Epithelbeleges eines Canälchen zu sehen: Epithelcylinder. Meist sind die Zellen in verschiedenen Stadien des Zerfalles. Ausser diesen cylindrischen Gebilden kommen noch andere mehr weniger durchsichtige Cylinder vor, welche in sich eingebettet oft noch erkennbare Epithelzellen, oft nur noch moleculär zerfallene Masse erkennen lassen: es sind die sogenannten Fibrincylinder, welche einen geronnenen Fibrinausguss der Harncanälchen darstellen. Sind sie fast ganz ohne Körncheneinlagerung, durchscheinend, so werden sie als hyaline Cylinder bezeichnet. Sie gehören stets schon einem fortgeschrittenerem Nierenleiden an.

Die **Sedimente** können bestehen aus:

I. unorganisirten Stoffen: (in saurem Harn) harnstoffsaures Natron, phosphorsaurer Kalk, Fett, oxalsaurer Kalk, Harnsäure, Cystin; (im alkalischen Harn), phosphorsaure Ammoniakmagnesia, harnsaures Natron.

II. organisirten Körpern: Schleimgerinsel mit Schleimkörperchen, Eiterkörperchen, die oben beschriebenen Harncylinder, Spermatozoiden, Gährungs- und Fadenpilze, Epithelzellen der Nierencanälchen und Harnwege.

Zur Erkennung der Sedimente unter dem Mikroskop giebt Neubauer folgenden Gang an.

Vor der Untersuchung des Harnes ist es nothwendig zu wissen, ob der Harn frisch gelassen oder vielleicht schon durch die Harngährung verändert ist. Dann prüft man die Reaction auf Pflanzenpapier, lässt wenn nöthig in einem verschlossenen Glase das Sediment sich absetzen, giesst die überstehende Flüssigkeit ab und bringt einen Tropfen des Sediments auf ein Objectglas.

A. Der Harn reagirt sauer.

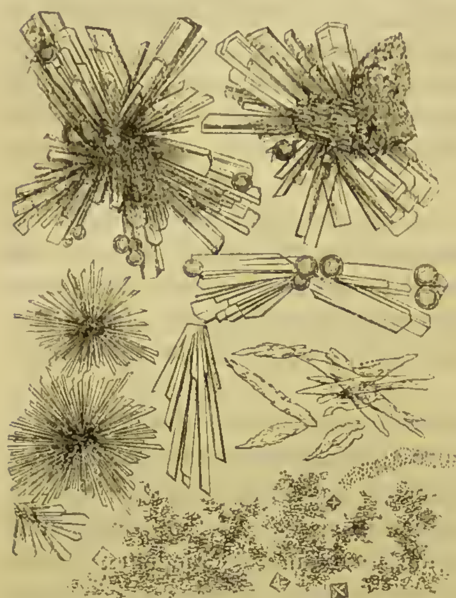
I. Das ganze Sediment ist amorph, es zeigen sich keine Krystalle.

a) Das Sediment löst sich bei dem Erwärmen einer Portion des sedimentirenden Harnes in einem Proberöhrchen oder auf dem Objectglase vollkommen auf. Es deutet dies auf harnsaure Salze. Man setzt zu einem Tropfen des Sedimentes auf dem Objectglase einen Tropfen Salzsäure zu und lässt $^1/_4$—$^1/_2$ Stunde stehen. Bei Gegenwart von Harnsäure sind nach dieser Zeit rhombische Tafeln von Harnsäure gebildet (Fig. 109).

In den meisten Fällen ist das Sediment mit mehr weniger Harnfarbstoff roth gefärbtes harnsaures Natron (Ziegelmehl) (Fig. 109).

b) Das Sediment löst sich beim Erwärmen nicht auf, wohl aber in Essigsäure ohne Brausen, es ist wahrscheinlich phosphorsaurer Kalk. Der Beweis kann nur chemisch (siehe Harnsteine) geliefert werden.

Fig. 109. (*F.*)



Krystalle und amorpher Niederschlag des harnsauren Natron.

Fig. 110. (*F.*)



Harnsäure in ihren verschiedenartigen Krystallformen. Bei *a a a* Krystalle, wie sie bei Zersetzung harnsaurer Salze erhalten werden; bei *b* Krystallisationen der Harnsäure aus dem menschlichen Harne; bei *c* sogenannte Dumb-bells.

Fig. 111.



Krystalle des oxalsauren Kalks.

c) Finden sich unter dem amorphen Sedimente stark lichtbrechende, silberglänzende Tröpfchen, die in Aether löslich sind, so deuten diese auf Fett (sehr selten).

II. Das Sediment enthält ausgebildete Krystalle.

a) Kleine glänzende, vollkommen durchsichtige, das Licht stark brechende Quadratoctaëder, mit Briefcouvertform, in Essigsäure unlöslich sind oxalsaurer Kalk (Fig. 111).

b) Vierseitige Tafeln oder sechsseitige Platten von rhombischem Habitus, aus denen oft durch Abrundung der stumpfen Winkel spindel- und fassförmige Krystalle entstehen, sind Harnsäure. Meistens sind diese Sedimente mehr oder weniger gefärbt.

Zur Bestätigung löst man das Sediment in einem Tropfen Natronlauge auf dem Objectglase, setzt einen Tropfen Salzsäure hinzu und beobachtet die I. *a*) beschriebenen Krystallformen.

c) Reguläre sechsseitige Tafeln, die sich in Salzsäure und Ammon auflösen, beim Erhitzen verkohlen und verbrennen (und die mit einer Lösung von Bleioxyd in Natronlauge gekocht eine Ausscheidung von Schwefelblei erzeugen), bestehen aus Cystin (sehr selten) (Fig. 112).

III. Das Sediment enthält organisirte Körper.

Fig. 112. (*F.*)



Krystalle des Cystin.

a) Gewundene Streifchen, welche aus reihenförmig geordneten, sehr feinen Pünctchen und Körnchen (amorpher Masse) bestehen, sind Schleimgerinsel oft begleitet von harnsaurem Natron, das fast ebenso aussieht.

b) Kleine, manchmal contrahirte, runde, granulirte Körperchen meist an einander angelagert in den unter *a*) beschriebenen Schleimmassen sind Schleimkörperchen.

c) Kreisrunde, schwach biconcave, das Licht stark brechende Scheibchen, meistens gelblich oder mit einem rothen Punct in der Mitte sind Blutkörperchen. Es finden sich auch kugelig aufgequollene (in sehr verdünntem Harne) sowie geschrumpfte

eckig, zackige Formen (im concentrirten Harne). Essigsäure macht sie stark aufquellen und löst sie nach einiger Zeit (Fig. 70, S. 272).

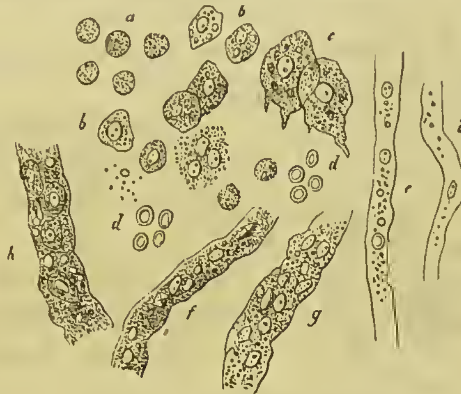
d) Kugelige, blasse, mattgranulirte kleine Zellen von etwas verschiedener Grösse, die durch Essigsäure bedeutend aufquellen, ihr granulirtes Ansehen verlieren und Kerne von verschiedener Form und Gruppirung erkennen lassen, sind Eiterkörperchen. Sie sind meist von den Schleimkörperchen kaum zu unterscheiden.

e) Cylindrische Stücke meist etwas gebogen, entweder fast ganz durchsichtig, oder mit Körnchen mehr weniger durchsetzt, auch mit Epithelzellen sind die Harncylinder: hyaline Cylinder oder Epithelcylinder (Fig. 113).

f) Spermatozoiden erkennt man an den Froschlarven ähnlicher Gestalt (Fig. 114).

g) Gährungs- und Fadenpilze besonders in diabetischem, gährenden Harne.

Fig. 113. (*F.*)



Organisirte Harnbestandtheile.
a. Schleim- und Eiterzellen. *b*. Drüsenzellen der Harncanälchen, theils mit Fett erfüllt, theils im Zerfall begriffen. *c* Pflasterepithelien der Blase. *d*. Blutzellen. *e*. *f*. *g*. *h*. *i*. verschiedene Erscheinungsformen der Fibrincylinder.

Fig. 114. (*K.*)

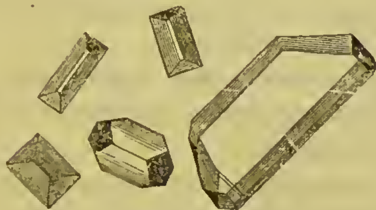


Samenfäden des Menschen. 1. 350mal vergr. 2. 800mal vergr. *a*. Von der Seite. *b*. Von der Fläche.

B. Der Harn ist alkalisch.

I. Das Sediment enthält Krystalle.

Fig. 115. (*F.*)

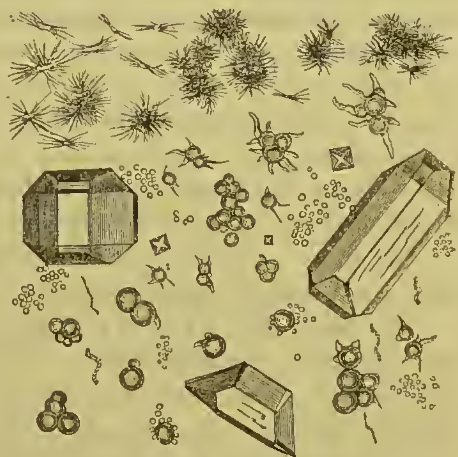


Krystalle der phosphorsauren Ammoniak-Magnesia.

a) Combinationen des rhombischen verticalen Prisma's, die mit Sargdeckeln Aehnlichkeit haben, dabei löslich in Essigsäure sind und beim Erwärmen mit Natronlauge Ammoniak entwickeln (ein befeuchtetes gelbes Curcumapapier bräunt sich über die Dämpfe gehalten), sind phosphorsaure Ammoniak-Magnesia (Fig. 115).

Solltе mit diesen oxalsaurer Kalk vorkommen, so behandelt man das Sediment auf dem Objectgläschen mit einem Tropfen Essigsäure; die Kry-

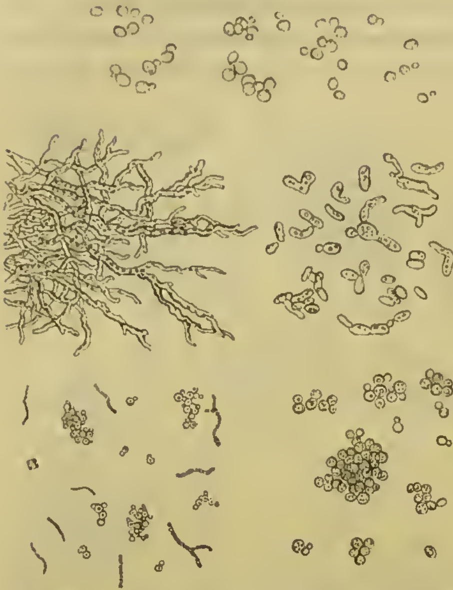
Fig. 116. (*F.*)



Ausscheidungsformen des harnsauren Ammoniaks aus alkalischem Harn neben Krystallen des oxalsauren Kalks und der phosphorsauren Ammoniak-Magnesia.

stalle der phosphorsauren Ammoniak-Magnesia werden sich lösen, während die Briefcouvertformen des oxalsauren Kalks ungelöst zurückbleiben.

Fig. 117 (*F.*)



Gährungs-, Schimmel- und Vibrionenbildung im Harn.

b) Kugelige undurchsichtige Massen, stechapfelartig mit feinen Spitzen besetzt oder drüsenförmige Conglomerate aus kleinen, keulenförmig gebogenen Körpern sind harnsaures Ammoniak (Fig. 116).

II. Das Sediment enthält amorphe Massen.

In einem alkalischen Harne bestehen diese aus phosphorsaurem Kalke.

III. Das Sediment enthält organische Körper.

Dieselben, welche unter A. III. *a—g* angeführt wurden; ausserdem Gährungs- und Fadenpilze, Infusorien, Conferven (Fig. 117).

Harnsteine und ihre Bestimmung nach Gorup-Besanez. Die Blasen- und Nierensteine des Menschen bestehen aus: Harnsäure, harnsauren Salzen (Xanthin, Cystin), phosphorsaurer Ammoniak-Magnesia, oxalsaurem Kalk, phosphorsaurem Kalk, kohlensaurem Kalk, Fett und eiweissähnlichen Verbindungen wie Schleim, Epithelien, Blutcoagula etc.

Bei Gorup-Besanez finden wir folgende Angaben:

1) Die Harnsteine grösstentheils oder ganz aus Harnsäure bestehend sind die häufigsten. Solche Steine sind meist hart, von rothbrauner, braungelber, selten weisser Farbe; ihre Oberfläche ist glatt, oder mit stumpfen Warzen besetzt, der Bruch krystallinisch oder erdig. Der Durchschnitt zeigt dünne, concentrische Schichten.

2) Harnsteine nur aus harnsaurem Ammoniak bestehend sind selten, gewöhnlich sind solche Steine Gemenge von harnsaurem Ammoniak mit freier Harnsäure und anderen harnsauren Salzen. Sie kommen meist bei Kindern vor. In ihren physikalischen Charakteren kommen sie meist mit den eigentlichen Harnsäuresteinen überein.

3) Harnsaure Salze mit feuerbeständiger Basis (Kali, Natron, Kalk) sind bisher nur als Beimengungen von Steinen aus Harnsäure gefunden worden. Sie lassen sich von der freien Harnsäure durch kochendes Wasser trennen.

4) Steine aus oxalsaurem Kalk sind häufig. Sie sind gewöhnlich rund, meist aber mit einer Menge von Warzen besetzt (Maulbeersteine), sind dunkel, bräunlich gefärbt und meist ziemlich gross. Hie und da nur sind sie klein, blass, glatt: Hanfsamensteine.

5) Steine aus phosphorsauren Erden. Diese Steine haben eine weissliche Farbe, sind erdig, kreidig, bisweilen porös, zuweilen geschichtet und schalig.

[6) Steine aus Xanthin sind sehr selten; ein von Wöhler untersuchter Stein war an der Oberfläche von hellbrauner, stellenweise von weisslicher Farbe, auf dem Bruch matt, bestand aus concentrischen Schichten, bekam durch Reiben Wachsglanz und hatte ungefähr dieselbe Härte wie die harnsauren Steine.]

7) Steine aus Cystin sind ebenfalls selten. Sie haben eine gelbliche Farbe, eine glatte Oberfläche, auf dem Bruche ein krystallinisches Aussehen.)

Steine aus indifferenten organischen Stoffen bestehend sind bisher selten beobachtet. Meist bildet ein Schleimpfröpfchen, irgend ein kleiner festweicher Körper: Eiter, Blut, Epithelialpfropf etc. den Krystallisationskern, um welche sich die steinbildenden Stoffe niederschlagen.

Kieselerde ist in Steinen selten und in sehr geringen Mengen beobachtet. Kohlensaurer Kalk findet sich neben kohlensaurer Magnesia zuweilen in Harnsteinen. Man beobachtet hie und da Mörtelstückchen im Harn bei Simulation von Harnsteinen oder Harngries.

Anhang. Andere krankhafte Concretionen. I. Gallensteine. In der Gallenblase, den Gallengängen, im Darmcanal und Koth vorkommend. Sie bestehen am häufigsten aus: Cholestearin mit Gallefarbstoff gemengt oder rein; auch Steine aus reinem Gallefarbstoff finden sich vor. Ausserdem können sie Gallensäuren (eingedrungene Galle) enthalten, und Schleim und Epithelien der Gallenblase und Gallengänge. Von Erdsalzen findet sich namentlich kohlensaurer Kalk. In einigen Steinen fand sich Margarin und margarinsaure Salze. Meist sind sie spröde und lassen sich zu einem fettigen Pulver zerreiben. Ihre Farbe wechselt entsprechend der Gallenfarbe sehr. Sie sind von Sandkorn- bis Taubeneigrösse, rundlich oder durch Aneinanderlagerung mehrerer facettenartig abgeschliffen. II. Es kommen noch Prostata-, Speichel-, Nasen-, Bronchial-, Darmsteine etc. vor. Sie bestehen gewöhnlich neben thierischen Materien: verhärtetem Schleim, Epithelien, eiweissartigen Körpern etc. und phosphorsauren und kohlensauren Erden. Hie und da enthalten sie Fett.

Für die Analyse dieser Concretionen der Harnsteine, Gallensteine etc. unterscheidet man, ebenfalls nach Gorup-Besanez:

1) vollkommen verbrennliche Steine,
2) zum Theil verbrennliche,
3) unverbrennliche.

Um diese Unterscheidung machen zu können wird ein kleines Stückchen des Steines gepulvert und von diesem Pulver eine kleine Messerspitze als Probe auf einem reinen Platinblech über der Flamme erhitzt. Die vollkommen verbrennlichen Steine bestehen nur aus organischen Materien; meist sind organische Stoffe und anorganische Stoffe gemischt, sodass sich das Pulver auf dem Platinblech schwärzt, verbrannt aber mehr oder weniger viel Asche zurücklässt. Auch Steine, welche ganz (der überwiegenden Hauptmasse nach) aus anorganischen Stoffen bestehen, schwärzen sich bei dem Glühen, da ihnen stets etwas organische Materie beigemischt ist, sie brennen aber leicht weiss, ohne dass sich eine merkliche Volumverminderung erkennen lässt.

I. In vollkommen verbrennlichen Concretionen kann enthalten sein, in Harnsteinen: Harnsäure, harnsaures Ammoniak, (hippursaures Ammoniak, Xanthin, Cystin), in anderen Concretionen: Cholestearin, Gallefarbstoff (beide in Gallesteinen), Fibrin, Albumin oder Haare.

II. In zum Theil verbrennlichen Concretionen können enthalten sein: harnsaures Natron, harnsaurer Kalk und alle unter I. angegebenen Stoffe.

III. Die unverbrennlichen Steine enthalten keine organische Beimischung.

Schema zur Untersuchung der Concretionen,
(nach Gorup-Besanez).

A. Steine, welche beim Erhitzen auf Platinblech ohne oder mit geringem Rückstand verbrennen.

I. *Harnsteine.*

1) Man löst von dem Pulver eine sehr geringe Menge auf einem Porzellanscherben in einem Tropfen Salpetersäure und dampft nun auf möglichst kleiner Flamme unter fortwährendem Blasen und Wegnehmen des Scherbens von der Flamme zur Trockene.

a. Es entsteht eine schön purpurrothe Färbung, die mit einem Tröpfchen Ammoniak das man von der Seite langsam zufliessen lässt, schön purpurn wird: der Stein enthält Harnsäure.

Die purpurne Färbung der Harnsäure mit Salpetersäure und Ammoniak beruht auf der Bildung von Murexit oder purpursaurem Ammoniak: $C_{16}H_8N_6O_{12}$. Der auf die Entstehung dieses Stoffes gegründete Nachweis der Harnsäure wird Murexidprobe genannt.

Kocht man eine Portion des Steinpulvers mit Aetzkali so entsteht keine Ammoniakentwickelung (durch den Geruch und feuchtes in den Ammoniakdämpfen sich bräunendes Curcumapapier nachzuweisen), wenn der Stein aus reiner Harnsäure besteht. Besteht er aus harnsaurem Ammoniak, so zeigt sich beim Kochen Ammoniak.

[2) *a.* Giebt der Versuch der Murexidprobe kein Resultat, wird die abgedampfte salpetersaure Lösung nicht roth sondern citronengelb, so kann der Verdacht auf Xanthin entstehen. Es ist in kohlensaurem Kali unlöslich.

b. Entsteht bei dem Abdampfen der Salpetersäure eine dunkelbraune Färbung, ist der Stein in kohlensaurem und kaustischem Ammoniak löslich, aus letzterer Lösung in mikroskopischen sechsseitigen Tafeln krystallisirend, so hat man das ebenfalls äusserst seltene Cystin vor sich.]

II. *Gallensteine.*

3) Die Probe verbrennt mit hellleuchtender Flamme, besitzt deutlich krystallinisches Gefüge, ist in heissem Alkohol löslich, krystallisirt daraus beim Erkalten in perlenmutterglänzenden Blättchen, die unter dem Mikroskop die bekannte Gestalt der Cholestearinkrystalle zeigen: Cholestearin (Fig. 55. S. 217.).

4) Die Probe besitzt eine braune Farbe, ist bröckelig, ockerartig und verbrennt mit thierischem Geruch.

a) In Alkohol und Wasser wenig löslich; löslich in Kali mit dunkelbrauner Farbe. Rauchende Salpetersäure zu dieser Lösung gesetzt (mit all den Cautelen wie bei dem Nachweis des Gallenfarbstoffes im Harn) zeigt die charakteristischen Regenbogenfarben an der Grenze an der sich beide Flüssigkeiten berühren, beweist Gallenfarbstoff.

b) In Alkohol löslich. Die wässerige Lösung giebt mit Schwefelsäure und Zucker (siehe Nachweis der Gallensäuren im Harn) die Pettenkofer'sche Probe, wird prächtig roth-violett: Gallensäuren.

B. Steine, welche beim Erhitzen auf Platinblech einen beträchtlichen Rückstand hinterlassen.

1) Der Rückstand schmilzt vor dem Löthrohre.

a) Braust weder vor noch nach dem Glühen mit Säuren; in Salzsäure löslich, durch Ammoniak fällbar, mit oxalsaurem Ammoniak Niederschlag, (mit Kobaltsolution schwarzbraunes Email): Neutraler phosphorsaurer Kalk.

b) Verbreitet beim Erhitzen den Geruch nach Ammoniak, ohne Aufbrausen in Essigsäure löslich, aus dieser Lösung durch Ammoniak krystallinisch fällbar, (mit Kobaltsolution dunkelrothes Glas): Phosphorsaure Ammoniak-Magnesia.

2) Der Rückstand schmilzt nicht vor dem Löthrohr.

a) Rückstand weiss, nicht alkalisch, im Uebrigen wie neutraler phosphorsaurer Kalk sich verhaltend: basisch phosphorsaurer Kalk.

b) Die frische Probe von Essigsäure nicht angegriffen, von Mineralsäuren ohne Aufbrausen gelöst und durch Ammoniak niedergeschlagen. Der Rückstand nach dem Glühen auf dem Platinblech alkalisch, mit Säuren brausend: Oxalsaurer Kalk.

c) Die Probe verbreitet beim Glühen stark weisses Licht, braust schon vor dem Glühen mit Säuren, wird aus der neutralen Lösung durch oxalsaures Ammoniak gefällt: Kohlensaurer Kalk.

3) Die Probe giebt die Murexidprobe, enthält also Harnsäure, hinterlässt aber beim Glühen einen Rückstand.

a) Schmilzt vor dem Löthrohr und ertheilt der Löthrohrflamme eine intensivrothe Färbung: Harnsaures Natron.

b) Verhält sich wie *a*), giebt aber keine gelbe Flamme (sondern in der salzsauren Lösung mit Platinchlorid einen gelben Niederschlag): Harnsaures Kali.

c) Schmilzt nicht vor dem Löthrohr und verhält sich nach dem Glühen als kohlensaurer Kalk: Harnsaurer Kalk.

d) Schmilzt nicht vor dem Löthrohr, der Rückstand löst sich unter schwachem Aufbrausen in verdünnter Schwefelsäure und wird aus dieser Lösung durch Kali oder phosphorsaures Natron und Ammoniak gefällt: Harnsaure Magnesia. —

Zufällige Harnbestandtheile.

Einige Stoffe, die wir in der Nahrung oder als Medicamente in den Körper einführen, erscheinen im Harne entweder unzersetzt oder mehr weniger verändert wieder. Diese Stoffe können als zufällige Harnbestandtheile bezeichnet werden. Oxydirbare Stoffe zeigen sich im Harn mit Sauerstoff verbunden in höheren Oxydationsstufen als sie eingeführt wurden. Nur in seltenen Fällen beobachten wir den Durchgang des Stoffes durch den Organismus mit einer Desoxydation verbunden. Stoffe, welche mit den Substanzen des Körpers schwerlösliche Verbindungen bilden, wie z. B. die Metalle, erscheinen nur dann im Harne, wenn sie in sehr grossen Gaben gereicht wurden. Sie werden grösstentheils in die Leber geführt, dort abgelagert und wahrscheinlich mit der Galle theilweise im Kothe entleert.

Kohlensaure Alkalien erscheinen unverändert im Harne wieder, sie machen den Harn neutral oder alkalisch.

Organische Säuren gehen nach Wöhler wenigstens theilweise unverändert in den Harn über: Oxalsäure, Citronensäure, Aepfelsäure, Weinsteinsäure, Bernsteinsäure, Gallussäure.

Neutrale pflanzensaure Alkalien erscheinen im Harn als kohlensaure Salze, sie machen den Harn wie jene alkalisch.

Harnsäure wird im Organismus zum Theil ebenso umgesetzt wie durch Bleihyperoxyd: es entsteht aus ihr im Organismus Harnstoff und Oxalsäure, vielleicht auch Allantoin.

Freies Iod wird als Iodnatrium im Harn ausgeschieden.

Lösliche Barytsalze sollen im Harne wiedererscheinen können.

Ammoniak und Ammoniaksalze gehen unverändert in den Harn.

Kaliumeisencyanid erscheint reducirt als Kaliumeisencyanür.

Gerbsäure wird in Gallussäure verwandelt, wie es auch durch Gährung mit Hefe erfolgt (H. Ranke).

Benzoësäure paart sich mit Glycin zu Hippursäure und erscheint als solche im Harn.

Chinin geht unverändert in den Harn. Chinasäure wird zu Bernsteinsäure und Hippursäure (Meissner).

Theïn und Theobromin lassen sich im Harne nicht wieder auffinden.

Amygdalin wird nach Lehmann u. H. Ranke im Organismus zu Ameisensäure oxydirt und als solche im Harn entleert. H. Ranke zeigte diesen Uebergang auch durch Gährung.

Salicin wird zu Salicylwasserstoff, Salicylsäure und Saligenin. (H. Ranke u. Lehmann).

Aetherisches Bittermandelöl verwandelt sich ohne Vergiftungssymptome in Hippursäure.

Die meisten Farb- und Riechstoffe gehen ohne oder mit nur geringer Veränderung in den Harn über. Wöhler konnte im Harne wiederfinden die Pigmente von: Indigo, Krapp,

Gummigutt, Rhabarber, Campecheholz, Rüben, Heidelbeeren; dann die Riechstoffe von: Valeriana, Knoblauch, Asa foetida, Castoreum, Safran, Terpentin.

Durch die Farbstoffe von Rheum und Senna, zwei sehr häufig gebrauchte Arzneimittel, kann der Urin so gefärbt werden, dass ein Verdacht auf Blut entstehen kann, die Harnfarbe kann durch sie tiefroth werden. Solcher Harn wird durch einen Zusatz einer Mineralsäure heller lichtgelb, während bluthaltiger Harn dadurch nicht aufgehellt, eher dunkler wird.

Systematischer Gang der Harnuntersuchung für ärztliche Zwecke.

1) Beabsichtigt man quantitative Untersuchungen zu machen, so hat man zuerst die während einer bestimmten Zeit (24 Stunden) gelassene und genau, ohne allen Verlust gesammelte Harnmenge zu messen. Man misst in einem Messglas, welches 500 oder 1000 Ccm. fasst. Die Angabe der Harnmenge geschieht in Cubikcentimetern.

2) Man bestimmt das specifische Gewicht des Harnes. Dazu genügt die Bestimmung mit einer Senkwage: Urometer. Je tiefer das Urometer einsinkt, desto geringer ist das specifische Gewicht des Harnes.

3) Man prüft mit Lacmus- und Curcumapapier die Reaction am besten so, dass man mit einem Glasstabe einen Tropfen aus dem Harne herausnimmt und auf das Reagenspapier bringt. Die Grenze des Tropfens auf dem Papiere (bei saurer Reaction roth auf dem blauen Lacmuspapier, bei alkalischer Reaction braun auf dem gelben Curcumapapier), zeigt die Reaction am deutlichsten.

4) Etwaige Sedimente untersucht man nach den oben dafür gegebenen Regeln.

5) Eine kleine Portion untersucht man auf Eiweiss durch Erhitzen und Salpetersäurezusatz nach den angegebenen Regeln.

Entsteht ein Coagulum, so ist Eiweiss vorhanden. Zu den weiteren Prüfungen muss dieses abfiltrirt werden.

Das Coagulum ist *a*) weiss, dann besteht es höchstwahrscheinlich aus reinem Albumin; *b*) grünlich, dann entsteht der Verdacht auf Gallenbeimischung zum Harn; *c*) bräunlich, braunroth, man hat dann Blut zu vermuthen.

6) Ist der Harn abnorm gefärbt

a) roth, rothbraun, schwarz, so hat man auf Blut oder gelösten Blutfarbestoff zu untersuchen. Hellt sich solcher Harn bei einem Zusatz einer Mineralsäure auf, so kommt die Farbe von den Farbstoffen des Rhabarber oder der Senna, die als Medicamente genommen wurden.

b) Ist der Harn braun, braunschwarz, grünlich, schäumt er beim Umschütteln und färbt ein eingetauchtes Papier gelb, so hat man die Gmelin'sche und Pettenkofer'sche Probe auf Gallefarbstoff und Gallesäure zu machen.

c) Ist der Harn sehr wenig gefärbt, sehr reichlich und zeigt trotz seiner geringen Färbung ein höheres specifisches Gewicht, so hat man auf Zucker zu prüfen.

7) Eine Probe des Harns versetze man mit der Hälfte des Volums concentrirter Salzsäure; färbt sich dieselbe nach kürzerer Zeit dunkel und scheidet sich beim Stehen ein blaues Pulver ab, so zeigt dies die Gegenwart des Indigo an.

8) Riecht der Harn sehr penetrant, widerlich, nach Schwefelwasserstoff, bräunt oder schwärzt er ein in das Harngefäss gehängtes Papier, welches man mit Bleiessig getränkt hat, so entwickelt der Harn Schwefelwasserstoff.

Anhang.

A. Bestandtheile und Untersuchung einiger weiteren für den Arzt wichtigen Ausscheidungs-Materien.

I. *Eiter.*

Der Eiter entsteht aus der krankhaften Vermehrung vor allem der Bindegewebszellen. Er besitzt viele Aehnlichkeit mit dem Blute. Er besteht wie jenes aus Zellen, den sphärischen Eiterkörperchen, welche vollkommen den weissen Blutkörperchen entsprechen, auch wie diese in ganz frischem Zustande sich lebhaft contrahiren. In allen grösseren Abscessen ist der Eiter stagnirend, zersetzt, die Zellen unbeweglich. Ausser diesen Zellen enthält der Eiter ein dem Blutserum ganz analoges Eiterserum, das wohl der Hauptmasse nach als Transsudat aus dem Blut und der Lymphe der eiternden Stelle anzusehen ist. Die Eiterkörperchen zeigen meist mehr Kerne auf Essigsäurezusatz als die weissen Blutkörperchen. Hoppe fand in der Zusammensetzung des Eiters Myosin, den für die Muskelsubstanz charakteristischen Eiweissstoff, dessen Vorkommen im Eiter durch die Contractilität der Eiterzellen merkwürdig wird. Ausserdem enthält der Eiter noch an Eiweissstoffen: Kalialbuminat oder Casein, gewöhnliches Serumalbumin und das uns vom Blute her bekannte Paraglobulin.

Im Eiter wurden ausserdem noch nachgewiesen das bei der Nerven- und Gehirnsubstanz näher zu besprechende Protagon, Cholestearin, Seifen, Fette; in sich zersetzendem Eiter, sowohl in saurem als alkalischem aus jauchigen Abscessen, freie fette und flüchtige Fettsäuren, Ameisensäure, Baldriansäure, Buttersäure, die im bus bonum et laudabile, der schwach alkalisch reagirt, fehlen. Einige Male wurde in Eiter Glutin und Chondrin gefunden. Als Zersetzungsproducte des Eiweisses durch die Zellenthätigkeit (?) treten im Eiter hie und da Harnstoff und Harnsäure, gewöhnlich Leucin und Tyrosin (vielleicht Fäulnissproducte) auf, auch Xanthin. Im Eiter Diabetischer findet sich Zucker; bei Gelbsucht Gallefarbstoff.

Eine eigenthümliche Erscheinung ist der blaue Eiter. Er erhält seine Farbe durch eine eigene Art von Infusorien, Vibrionen, welche zu vielen Tausenden auf den Eiterflächen und gefärbten Verbandstücken vegetiren. Durch Uebertragung einer sehr kleinen Menge blauen Eiters lässt sich die Färbung auch auf andere eiternde Wunden überpflanzen. Der blaue Farbstoff, der sich wie der Farbstoff des Lacmus Säuren gegenüber verhält, das Pyocyanin löst sich in Chloroform, aus dem es sich in schönen blauen Krystallen abscheidet. (Lücke). Die festen Bestandtheile des Eiters schwanken etwa zwischen 10—16% mit 5—6% Asche, welche mehr Natron und Kali als die Blutasche enthalten soll.

II. *Männlicher Same.*

Der Nachweis des männlichen Samens wird hie und da forensisch von Wichtigkeit. Die Chemie giebt uns dazu keine brauchbaren Anhaltspuncte. Der Same, wie er ejaculirt wird, enthält etwa 10% feste Stoffe, unter ihnen 5% Salze, in welchen phosphorsaurer Kalk und Magnesia, letztere durch die sich in faulendem (Leichen-) Samen bildenden Krystalle der phosphorsauren Ammoniakmagnesia nachweisbar. Die Spermatozoën enthalten reichlich Protagon. In der Samenflüssigkeit findet sich ein Eiweisskörper, den man Spermatin genannt hat, der sich aber nicht von Kalialbuminat oder Caseïn unterscheidet.

Die medicinisch-forensische Ausmittelung von Samenflecken gründet sich auf den mikroskopischen Nachweis der Spermatozoën, der Samenfäden. Man weicht dazu die fragliche, befleckte Stelle mit Wasser, dem man einen Tropfen Ammoniak zugesetzt hat, auf.

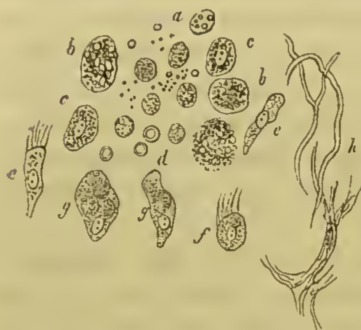
III. *Auswurf, Sputum.*

Man fasst unter diesem Namen Alles zusammen, was aus den Respirationswegen: Mundhöhle, Schlund, Trachea, Bronchien, Lungen stammend durch den Mund ausgeworfen wird.

Im normalen Auswurf findet sich Schleim von den Schleimdrüsen der genannten Organe stammend. Dem Schleim ist stets Speichel zugemischt und oft aus der Mundhöhle (hohlen Zähnen etc.) die mannigfaltigsten Speisereste.

In krankhaften Zuständen der Organe kann der Auswurf flüssiges Blut, Eiter, Tuberkelmasse, Reste zerstörten Lungengewebes, Gewebselemente des Larynx, anorganische Concretionen aus den Luftwegen und der Mundhöhle, parasitische Bildungen aus diesen Organen, Theile von Pseudoplasmen etc. enthalten (Fig. 118).

Fig. 118. (*F.*)



Formbestandtheile des Auswufs. *a.* Schleim- und Eiterkörperchen; *b.* sogenannte Körnchenzellen; *c.* mit schwarzem Pigment (Alveolenepithelium); *d.* Blutzellen; *e.* Flimmerzelle nach Verlust der Wimperhaare und eine derartige Zelle mit Cilien; *f.* kugelige Wimperzelle bei Katarrh der Luftwege; *g.* Flimmerzellen, welche Eiterkörperchen in ihrem Innern besitzen; *h.* Lungenfasern.

Das Mikroskop zeigt unter Umständen im Auswurfe also eine grosse Mannigfaltigkeit der Formen.

Pflasterepithelien der Mundhöhle, Flimmerepithelien der Respirationswege, Schleimkörperchen, Eiterkörperchen, Körnchenzellen, Faserstoffgerinsel, Pigmentkörperchen in Zellen und frei, Fetttröpfchen, Blutkörperchen, Reste zerstörten Lungengewebes (elastische Fasern, sogenannte Lungenfasern (Fig. 118), glatte Muskelfasern (?), Pigmentzellen, Krebszellen verschiedener Art, Kalkconcretionen, Knochenstückchen; im Auswurf Tuberkuloser: phosphorsaure Ammoniak-Magnesia und Cholestearin; Pilze, Sarcine, Infusorien. Hie und da Stücken des Echinococcus hominis. Oft auch Reste von Speisen: Pflanzenzellen, Spiralfasern (nicht mit Lungenfasern zu verwechseln!), Stärkekörner, Muskelstückchen; dadurch kann der Auswurf auch gefärbt sein.

Eine chemische Untersuchung der Sputa wird in den seltensten Fällen angezeigt sein. Hie und da (bei Icterischen) lässt sich in den Sputis Gallefarbstoff durch Salpetersäure nachweisen. In einem Falle sah ich die Sputa fast aus reiner Galle bestehen, der nur noch Schleim beigemischt war. In der filtrirten Flüssigkeit konnte nicht nur in reichlichster Menge Gallefarbstoff, sondern direct auch Gallensäure mittelst der PETTENKOFER'schen Probe nachgewiesen werden. Es hatte sich wahrscheinlich eine Gallenblasen- — Bronchus — Fistel gebildet, durch welche fast alle gebildete Galle entleert wurde. — Broncho-blenorrhoische Sputa enthalten Schwefelwasserstoff als Ursache ihres Geruchs.

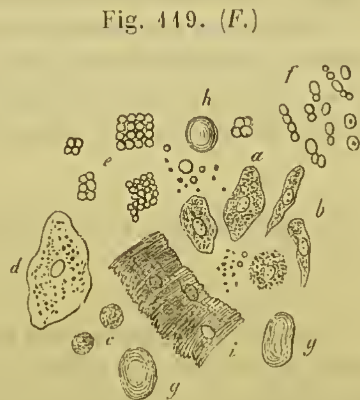
Bei putrider Bronchitis finden sich in den Sputis P f r ö p f e, die anfänglich neben Detritus hauptsächlich aus Eiterkörperchen bestehen, sie sind weiss, später werden sie schmutzig grau, es bleibt nur Detritus, in welchem sich nadelförmige Partikeln (Fettsäuren) und wahre Fetttröpfchen und grössere Fetttropfen auffinden lassen. Die Farbe der Sputa kann sehr wechselnd sein: weiss, grau, roth, gelb, blau, grün, schwarz etc. Ein eigelbes Sputum findet sich namentlich im Sommer ohne sonstige Erkrankung der Respirationsorgane. Bei Pneumonikern wird das Sputum in den späteren Stadien: citronengelb, während es anfänglich weisslich mit rothen Blutstreifen erscheint. Bei Pleuritis mit eitrig-stinkendem Auswurf fand FRIEDREICH eine sehr grosse Menge von schön-rothen H a e m a t o i d i n k r y s t a l l e n (schiefe rhombische Säulen) im Auswurf. In einem anderen Falle fand er ebenso massenhafte T y r o s i n k r y s t a l l e in einem ausgehusteten fibrinösen Bronchialgerinnsel. Die schwarzbraune und schwarze Färbung der Sputa rührt meist von verändertem Blutfarbestoff her, manchmal von massenhafter Anhäufung von Pigmentzellen. Grüne

Farbe der Sputa tritt sehr selten bei Gallebeimischung zu denselben ein entweder wie im oben mitgetheilten Falle oder bei gewöhnlichem Icterus. Bei Pneumonie tritt eine grüne Färbung der (oft grasgrüne) Sputa ein, welche veranlasst wird durch die Farbenveränderungen des Haematoidin's (= Bilirubin), welches aus dem veränderten Blutfarbestoff bei chronischen Pneumonien entsteht. Die Färbung ist eine Folge der Oxydationswirkung des Sauerstoffs (es entsteht aus dem Bilirubin Biliverdin). Die eigenthümlichen Farbenverschiedenheiten der pneumonischen Sputa haben alle darin ihren Grund, wie die Farbenveränderungen der Blutsuggilationen unter der Haut. Blaue Sputa findet man bei Arbeitern in Ultramarinfabriken, die Farbe stammt von eingeathmetem Ultramarin.

IV. *Erbrochenes.*

Im Erbrochenen haben wir den verschiedensten Mageninhalt gemischt mit den oben geschilderten Elementen des Auswurfs vor uns, auch Galle aus dem Anfangstheil des Duodenums findet sich nicht selten beigemischt. Bei krankhaften Zuständen des Magens findet sich im Erbrochenen häufig Blut, das durch die Magensäure meist eigenthümlich, zu einer kaffesatzähnlichen Masse verändert ist. Manchmal ist das erbrochene Blut noch flüssig. Daneben finden sich bei Zerstörungen des Magens Gewebsbestandtheile desselben, Krebszellen und Zellen anderer Pseudoplasmen, Pilze und Infusorien etc.

Fig. 119. (*F.*)



Formbestandtheile erbrochener Massen. *a.* Labzellen; *b.* Cylinderepithelien; *c.* Schleimkörperchen; *d.* Pflasterzelle der Mundhöhle; *e.* Sarcina ventriculi; *f.* Cryptococcus cerevisiae; *g.* Amylonkörper; *h.* Fetttropfen; *i.* Muskelfaser.

Das Mikroskop zeigt ausser den bei dem Auswurf genannten Epithelzellen noch Cylinderepithelien, dann Eiterkörperchen, verschiedene Zellen aus Geschwülsten, Pigmentzellen, Blutkörperchen, Faserstoffgerinsel, die Sarcina ventriculi und gewöhnliche Gährungspilze. Als Speisereste: Stärkekörner, Pflanzenzellen, Pflanzengefässe, Spiralfasern, Chlorophyllkörner, Fetttröpfchen und Fettzellen, Muskelstückchen, glatte Muskelfasern, Bindegewebs- und elastische Fasern (Fig. 119).

In dem blauen oder grünen Erbrechen (Vomitus aeruginosus) ist der färbende Bestandtheil in den Magen ergossener, von der Magensäure etwas veränderter Gallenfarbstoff (Galle).

Bei Cholera und Urämie lässt sich im Erbrochenen Harnstoff und kohlensaures Ammoniak nachweisen.

V. *Excremente.*

Sie können selbstverständlich in Krankheitsfällen ebenfalls sehr verschiedene Beimischungen enthalten.

Bei Darmkatarrhen finden sich hie und da so massenhaft abgestossene Cylinderepithelien, dass der flüssige Koth dadurch ein milchiges Ansehen erhält (Chylorrhea). Bei zerstörenden Processen im Darme finden sich natürlich Gewebsreste desselben auch im Koth, ebenso Zellen von krankhaften Neubildungen, Krebszellen etc., Eiterzellen, Blutkörperchen, Faserstoff. Bei Darmkatarrhen enthält die Darmentleerung unzählige Infusorien, diese finden sich aber mit Pilzen auch sonst durchaus nicht selten. In alkalischen Stühlen, z. B. bei Typhus, finden sich Krystalle der phosphorsauren Ammoniakmagnesia.

Die Excremente nach Calomelgebrauch enthalten häufig unzersetzte (die Salpetersäurereaction gebende) Galle, beinahe constant Schwefelquecksilber; nach Eisengebrauch findet sich im Kothe einfach Schwefeleisen.

Die Darmentleerungen bei Dysenterie und Cholera sind Transsudate aus dem Blute in den Darm. Bei Dysenterie sind sie sehr reich an Albumin. Bei Cholera wie bei Typhus enthalten sie sehr wenig Albumin, dagegen sind sie reich an Chloralkalien und anderen löslichen sonst im Harn ausgeschiedenen Salzen.

Bei Icterus, durch Verschluss des Gallenganges in den Darm entstehend, hat der Koth eine schmutzig weissgraue Farbe, riecht faulig und ist äusserst fettreich, enthält keine Gallenreste.

Der Typhuskoth ist meist flüssig, sehr stinkend, stark alkalisch. Der Bodensatz besteht aus Schleim, Speiseresten und phosphorsaurer Ammoniakmagnesia in den charakteristischen sargdeckelähnlichen Formen.

Die Stühle bei Dysenterie verlieren bald den Charakter der Faeces und erscheinen später ganz als seröse Flüssigkeiten (mit der Zusammensetzung des Blutserums), sie enthalten unveränderte Galle.

Die Cholerastühle haben das bekannte Reiswasser-ähnliche Aussehen, sie opalesciren von vielen in ihnen enthaltenen Darmepithelzellen, enthalten sehr viel Kochsalz. Mit Salpetersäure färben sie sich (wie die Typhusstühle) rosenroth.

Die hellgelben, hie und da grünlichen Excremente der Säuglinge enthalten sehr viel Fett, unverdautes Caseïn und unveränderte Galle.

Die Farbe des Koths ist bei gemischter Kost gelbbraun; bei reiner Fleischkost dunkelbraun; nach Milchgenuss gelb; nach Calomel grün, meist von Gallefarbstoff; nach Eisenpräparaten entweder schwarz oder grün, letzteres auch nach Indigo. Rhabarber und Safran färben den Koth lichtgelb; Schwarzbeeren schwarz etc.

B. Ozonometrie, Ozonbestimmung in der atmosphärischen Luft.

In der atmosphärischen Luft sind geringe Mengen activen Sauerstoffs: Ozon vorhanden. Der Gehalt der Luft an Ozon ist schwankend und von Jahreszeit, Temperatur, Wasserverdunstung, Gewittern und anderen Momenten abhängig. Man hat dem Ozongehalt der Luft einen Einfluss auf die Gesundheit zuschreiben wollen, was aber unbegründet ist.

Zu dem Nachweise und der quantitativen Vergleichung der Ozonmenge der Luft bedient man sich der Eigenschaft desselben aus Iodkalium das Iod frei abzuscheiden. Das freie Iod verbindet sich mit der Stärke des Stärkekleisters zu der tiefblauen Iodstärke. Zum Ozonnachweis fertigt man sich Iodkaliumstärkekleisterpapier. Man kocht einen sehr dünnen Stärkekleister, den man zum Gebrauche noch mit Wasser anrührt, löst in ihm einige Körnchen von Iodkalium und bestreicht mit der Lösung Papier, das man an warmer Luft über Schnüren aufgehängt rasch trocknet. Legt man solche Papiere in die freie Luft, so nehmen sie bei Gegenwart von Ozon (man hüte sich vor der gleichen Wirkung anderer Iod abscheidender Stoffe, wie sie in der Nähe chemischer Fabriken der Luft beigemischt sein können: Chlor, Brom, salpetrige Säure) eine mehr oder weniger tiefblaue Färbung an. Zur approximativen Schätzung der Ozonmenge stellt man sich eine einfache Farbenscala in Blau her, indem man ein bestimmtes Gewicht einer blauen Farbe (am besten Iodstärke selbst) mit verschiedenen Wassermengen mischt und damit Papiere färbt. Mit dieser Scala vergleicht man die Ozonreaction.

C. Nachweis und Bestimmung organischer Stoffe im Trinkwasser.

Der Nachweis der Anwesenheit organischer Substanzen im Trinkwasser wird durch Zusatz einiger Tropfen Goldlösung geführt. Je grösser die Menge der organischen Stoffe

im Wasser ist, desto stärker ist der dunkle Niederschlag. Setzt man einige Tropfen einer (rothen) übermangansauren Natron- oder Kalilösung zu Wasser, welches mit organischen Stoffen verunreinigt ist, so verliert sich die schöne rothe Färbung und es entsteht ein brauner Niederschlag.

Die Menge der organischen Stoffe bestimmt man (Woods) am einfachsten mit übermangansaurem Kali. Man wiegt 1 Gramm von dem trockenen Salze ab und löst es zu einem Liter in destillirtem Wasser. Man prüft die Lösung mit titrirter Oxalsäurelösung (0,63 Gramm in 1 Liter Wasser); 40 Ccm. dieser Oxalsäure werden mit 300 Ccm. Wasser, dem man 2 Ccm. einer starken Lösung von schwefeliger Säure zugesetzt hat, auf 60° C. erhitzt und dann die Lösung des übermangansauren Kalis zugesetzt. Ist die Oxalsäure richtig, so müssen gerade 13 Ccm. Manganlösung entfärbt werden.

Um mit der so bereiteten und geprüften Manganlösung die organischen Substanzen im Trinkwasser zu bestimmen, misst man von letzterem 1 Liter ab, setzt 2 Ccm. starker schwefeliger Säure zu, erhitzt auf 60° C. und tropft unter fortwährendem Bewegen der Flüssigkeit (Schütteln des Glaskolbens oder Rühren in einer Porzellanschale) die Manganlösung zu, bis eben die erste Spur einer Färbung auftritt. Verschwindet diese Färbung nach 1/2 Stunde wieder, so setzt man noch ein wenig Manganlösung zu bis die Färbung 1/2 Stunde unverändert bleibt. Von der verbrauchten Menge sind 0,24 Ccm. abzuziehen, da soviel zur Färbung von 1 Liter Wasser erforderlich ist. Das übrige ist durch organische Substanzen zerstört. 1 Ccm. der Manganlösung wird durch 5 Milligramm organischer Stoffe entfärbt.

Sechszehntes Capitel.

Haut und Schweissbildung. Hauttalg.

Die Haut als Secretionsorgan.

Wir haben die Haut schon als Hülfsorgan der Lungen kennen gelernt, sie ist dieses aber noch in viel höherem Maasse für die Nieren. Während die Kohlensäureabgabe an die Haut und die damit correspondirende Sauerstoffaufnahme nur sehr geringe Quantitäten nicht übersteigt, ist die Wasserabgabe der Haut sowohl in Dampfform als insensible Perspiration oder tropfbarflüssig als Schweiss unter Umständen eine sehr bedeutende Grösse. Im Schweiss treten wie im Harn Salze, namentlich Kochsalz, aus dem Blute aus, sodass sich hierin eine deutliche Analogie zwischen Nieren und Hautthätigkeit ergiebt.

Es zeigt sich wenigstens in Beziehung auf die Wasserabgabe ein deutlicher Antagonismus zwischen den Thätigkeiten der beiden Organe. Denn, wenn die Wasserabgabe durch die Haut eine gesteigerte ist, zeigt sich die Wasserausscheidung durch die Nieren vermindert und umgekehrt. Da die Hautthätigkeit vor allem durch Wärme angeregt durch Kälte herabgesetzt wird, so müssen wir annehmen, dass im Winter bei gleicher Flüssigkeitsaufnahme in den Körper im Verhältnisse mehr Wasser durch die Nieren abgegeben wird als im Sommer, was auch durch die Beobachtung bestätigt wird.

Die Hautthätigkeit hat vor allem den Zweck die Wärmeabgabe des Organismus zu reguliren, was sie durch stärkere oder geringere Wasserverdunstung an ihrer Oberfläche erreicht, wodurch eine grössere oder geringere Menge Wärme gebunden wird, um das Wasser dampfförmig zu machen. Die Regulirung des Wärmeabflusses wird durch die Hautbedeckung: die Haare unterstützt, als deren Ersatz an nackten Körperstellen bei dem Menschen die Kleider fungiren. Auf das letztere Verhältniss werden wir im folgenden Capitel näher eingehen.

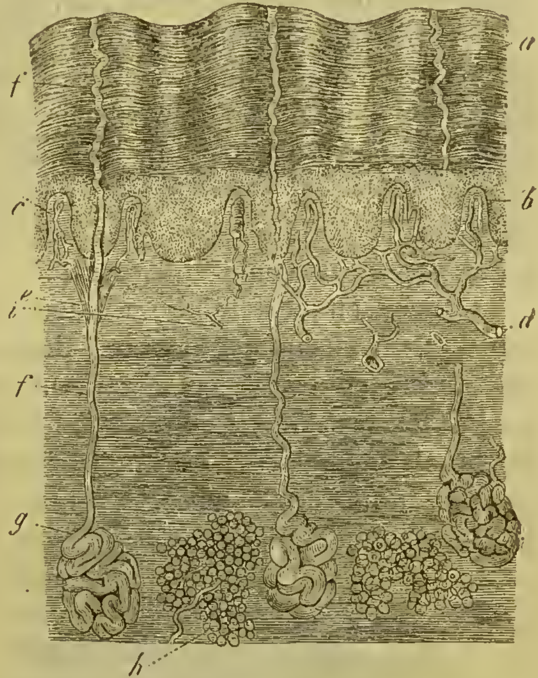
Wenden wir uns zuerst zur anatomischen Beschreibung des Organes, dessen Thätigkeit, wenigstens eine derselben, wir betrachten wollen. Die Haut als Organ des Tastsinnes findet an einer anderen Stelle ihre Besprechung.

Der anatomische Bau der Haut.

Die allgemeine Hülle des Körpers, die äussere Haut besteht aus zwei in ihrer Dicke sehr verschiedenen Lagen, aus der dünneren, gefäss- und nervenlosen Oberhaut und aus der Lederhaut, in deren bindegewebige Grundlage zahlreiche Nerven und Gefässe eintreten (Fig. 120.). In der Haut finden sich zweierlei Arten von Drüsen: Talgdrüsen und Schweissdrüsen. Als Anhänge der Haut sind zu nennen: Haare und Nägel.

Die Lederhaut zerfällt in zwei Schichten, in die eigentliche Lederhaut und das Unterhautzellgewebe, welches aus lockeren Maschenräumen von Bindegewebe besteht, in denen Fettzellen in grösserer oder geringerer Zahl und verschiedener Füllung eingelagert sind.

Fig. 120. (*F.*)



Die Haut des Menschen in senkrechtem Durchschnitt. *a* oberflächliche Schichten der Epidermis; *b* MALPIGHI'-sches Schleimnetz. Darunter die Lederhaut, nach oben bei *c* die Papillen bildend, nach unten in das subcutane Bindegewebe ausgehend, in welchem bei *h* Ansammlungen von Fettzellen erscheinen; *g* Schweissdrüsen mit ihren Ausführungsgängen *e* und *f*; *d* Gefässe; *i* Nerven.

Die eigentliche Lederhaut besteht aus Bindegewebe, in welchem zahlreiche elastische Fasern eingewebt sind. Jn dem oberen Theile der Lederhaut, der Pars papillaris ist das Flechtwerk der sich kreuzenden Bindegewebsbündel dichter als in der unteren Hälfte; dort ist das Gewebe lockerer, netzförmiger, Pars reticularis. Die Lederhaut ist am dicksten an der Ferse, am dünnsten an den Augenlidern und an dem äusseren Gehörgang. Ihre äussere Oberfläche ist mit Erhebungen besetzt, die an der Kopfschwarte nur als Leistchen, an den meisten übrigen Hautstellen als Wärzchen oder Papillen erscheinen: Hautwärzchen, Hautpapillen (Fig. 121.). Sie stehen an verschiedenen Körpertheilen sehr verschieden dicht, entweder regellos neben einander oder an der Hand- und Fussfläche in regelmässigen wirbel- oder spiralförmigen Reihen neben einander.

Fig. 121. (*F.*)



Drei Gruppen von Gefühlswärzchen der Haut des menschlichen Zeigefingers im Verticalschnitt, theils Gefässschlingen, theils Tastkörperchen führend.

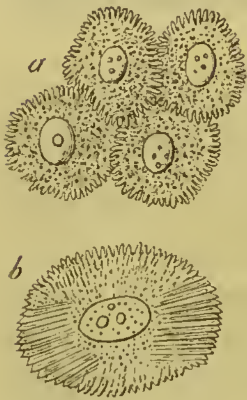
An diesen Orten sind die Hautpapillen auch am besten ausgebildet. Man kann sie in Gefässpapillen und Nervenpapillen scheiden. In den letzteren findet sich das tannenzapfenähnliche nervöse Tastorgan, das Tastkörperchen, welches bei dem Hautsinne seine nähere Beschreibung erfahren wird. In jede Gefässpapille steigt eine Gefässschlinge empor deren Schenkel sich dicht, manchmal spiralig gedreht an einander anschmiegen.

In der Lederhaut finden sich reichlich (Kölliker) organische Muskelfasern: unter der Haut des Hodensacks bilden sie eine zusammenhängende Lage, die Erectilität der Brustwarze rührt von ihnen her. Ueberall wo Haare und Talgdrüsen stehen, finden sie sich ebenfalls. Sie entspringen unter der Epidermis und ziehen schief zum Haarbalg, an dem sie sich festsetzen.

Ueber die Oberfläche der Lederhaut zieht sich als ein dünnes Häutchen die Epidermis, die Oberhaut hin. Sie folgt allen Vertiefungen und Erhebungen der Lederhautoberfläche, sodass durch sie auch die zierlichen Linien nicht verdeckt werden, in welchen die Wärzchen und Leistchen der Haut gereiht sind. An denselben Stellen, an welchen die Lederhaut sich verdünnt oder verdickt, thut dieses auch die Oberhaut. Sie ist sehr dick in der Hohlhandfläche, Fusssohle und Ferse.

Chemisch besteht die Epidermis aus Hornstoff. Mikroskopisch wird sie aus Zellen zusammengesetzt, deren obere Schichte flache Zellenblättchen, die untere rundliche Zellen erkennen lässt. Es finden sich hier auch die sogenannten Stachel- oder Riffzellen, deren ganze Oberfläche über und über mit stacheligen Fortsätzen besetzt ist, mit denen die nachbarlichen Zellen auf das Innigste in einander greifen. Dieselben Zellenformen finden sich auch in mehrfach geschichteten Epithelien z. B. an der Mundhöhle (Fig. 122.). Die obere Schichte wird als Hornschichte, die untere als Schleimschichte oder Rete Malpighii beschrieben. Die Schleimschichte stösst unmittelbar an die Lederhaut. Ihre Zellen sind weiche, feuchte, kernhaltige Bläschen. Die untersten der Lederhaut anliegenden Zellen haben eine längliche (cylindrische), die darüber liegenden eine kugelige Form. Gegen die Hornschicht platten sie sich immer mehr ab und verändern durch gegenseitigen Druck ihre Gestalt in eine vieleckige. Die dunkle Hautfärbung der Neger und Farbigen oder die bräunliche Färbung verschiedener Hautstellen der weissen Menschenracen: an den Genitalien, After, Brustwarze, Leberflecken und Sommersprossen etc. rührt von Farbstoffkörnchen her, die in die Zellen der Schleimschichte sich eingebettet finden. Die übrige Haut ist nicht gefärbt. Die Hornschichte ist trocken, härtlich, ihre Zellen unregelmässig gestaltete Schüppchen, die aber unter Anwendung quellender Substanzen (Essigsäure, Alkalien) ihre Bläschenform, aus der sie entstanden, wieder annehmen können. Beim Neger ist die Hornschichte nur leicht gelblich oder bräunlich gefärbt.

Fig. 122. (*F.*)

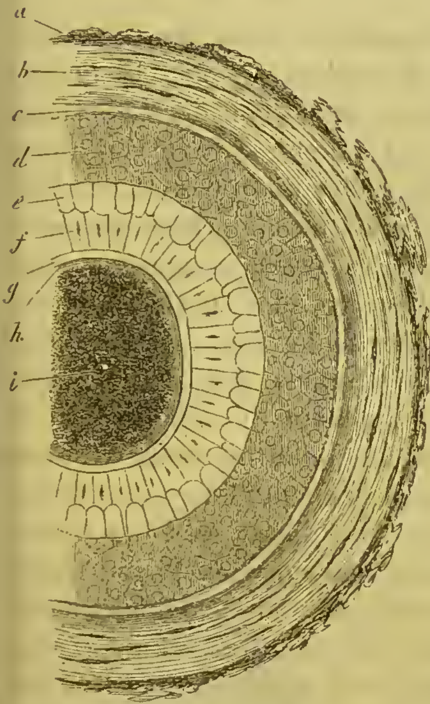


Sogenannte Stachel- oder Riffzellen. *a* aus den unteren Schichten der Epidermis des Menschen; *b* eine Zelle aus einer Papillargeschwulst der menschlichen Zunge.

Die Haare schliessen sich in ihrer Zusammensetzung der Epidermis an, sie sind wie jene auch Horngebilde. Sie finden sich mit Ausnahme weni-

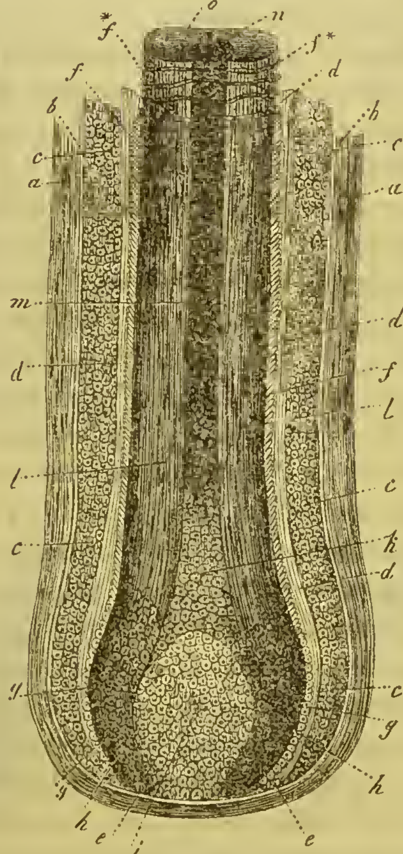
ger Stellen (Hand- und Fusssohle) auf der ganzen Körperoberfläche, jedoch in sehr verschiedener Dicke und Länge. Die schlichten Haare sind rundliche Cylinder, die krausen degegen mehr weniger plattgedrückt. Sie sind fest, dehnbar, sehr hygroskopisch. Man unterscheidet an jedem Haare die in der Haut eingesenkte Wurzel und den frei hervorragenden Schaft. Der Schaft besteht bei den ausgebildeten Haaren aus Oberhäutchen, Rindensubstanz und Marksubstanz. Das Oberhäutchen besteht aus dachziegelförmig über einander gelagerten, flachen, kernlosen Epidermisblättchen, und bildet einen dünnen Beleg der Rindensubstanz, die die Hauptmasse des Haares darstellt. Sie hat ein streifigfaseriges Aussehen und besteht aus langen, abgeplatteten, verhornten Zellen, die schichtweise neben und auf einander liegen. Diese Zellen enthalten häufig Luft und Pigmentkörnchen. Die Marksubstanz fehlt meist den feinen Haaren der nach gewöhnlicher Sprachweise unbehaarten Körperstellen: den Wollhaaren, hie und da auch den gefärbten Kopfhaaren. Sie bildet einen aus rundlich eckigen Zellen bestehenden in der Mitte des Haares gelegenen Strang. Diese Zellen sind mit fein vertheilter Luft angefüllt,

Fig. 123. (*K.*)



Querschnitt durch ein Kopfhaar sammt dem Balge, etwas unterhalb der Mitte des letzteren, 350 mal vergr. *a.* Längsfaserhaut des Haarbalges wenig entwickelt. *b.* Querfaserschicht mit Bindegewebskörperchen. *c.* Glashaut. *d.* Aeussere Wurzelscheide. *e.* Innere Wurzelscheide, äussere Lage. *f.* Dieselbe, innere Lage. *g.* Oberhäutchen des Haarbalges. *h.* Oberhäutchen des Haares. *i.* Haar selbst.

Fig. 124. (*F.*)



Haarwurzel und Haarbalg des Menschen; *a* der bindegewebige Balg; *b* dessen glashelle Innenschicht; *c* die äussere, *d* die innere Wurzelscheide; *e* Uebergang der äusseren Scheide in den Haarknopf; *f* Oberhäutchen des Haars (bei *f** in Form von Querfasern); *g* der untere Theil desselben; *h* Zellen des Haarknopfs; *i* die Haarpapille; *k* Zellen des Marks; *l* Rindenschicht; *m* lufthaltiges Mark; *n* Querschnitt des letzteren; *o* der Rinde.

die als glänzende Kügelchen erscheint (Fig. 123.). Am unteren Ende schwillt der Haarschaft keulenförmig an zur Haarzwiebel, die mit ihrer trichterförmig ausgehöhlten Basis ein Wärzchen der Lederhaut, die Haarpapille umgreift, welches eine birn- oder zwiebelförmige Gestalt besitzt und sonst die Structur einer Gefässpapille zeigt. Der unterste Theil der Haarzwiebel mit dem sie auf der Haarpapille aufsitzt, besitzt ganz den Bau der Schleimschichte der Epidermis, sie besteht aus denselben rundlichen, weichen, feuchten, kernhaltigen Zellen (Fig. 124.). Weiter aufwärts differenciren sich die drei Schichten des Schaftes mehr und mehr; die sie zusammensetzenden Zellen tragen aber alle noch einen jugendlichen Charakter, sie sind noch deutlich kernhaltig und anstatt wie später mit Luft noch mit Flüssigkeit gefüllt. Die Haarzwiebel steckt — meist schief — in einer Einstülpung der äusseren Haut die als ein Säckchen, unten mehr ausgebuchtet oben mit enger Oeffnung, das in ihm befindliche Haar umgiebt. Der Haarbalg besteht aus einer zarten Lederhaut- und Oberhautschichte, wie sich, da er eine Einstülpung der gesammten Haut ist, erwarten lässt. Die Epidermis des Haarbalges bildet die sogenannte Wurzelscheide, welche sich der Haarwurzel ringsum anschmiegt. Am Grunde des Haarbalges gehen die Zellen der Wurzelscheide in die der Haarzwiebel über.

Die Nägel sind stark verhornte Epidermispartieen, an denen sich Horn- und Schleimschichte unterscheiden lässt, mit denselben zelligen Elementen die wir bei der Epidermis kennen gelernt haben. Der Theil der Lederhaut, auf welchem der Nagel aufruht: das Nagelbett erhebt sich zu von hinten nach vorne laufenden Leistchen mit Papillen. An dem hinteren und den beiden seitlichen Rändern des Nagelbettes erhebt sich die Lederhaut zu einem Falz, in welchem die Wurzel und die Seitenränder des Nagels eingelagert sind.

Die Schweissdrüsen kommen in reichlicherer oder spärlicherer Anzahl fast in der ganzen Haut des Körpers vor, sie fehlen nur an der Eichel des Gliedes und an der concaven Fläche der Ohrmuschel. Man unterscheidet an ihnen den eigentlichen Drüsencanal, welcher die Haut durchbohrt und als Schweisspore an der Oberfläche mündet, und das knäuelförmig aufgewundene Ende des Canalschlauches, das als rundes Körperchen entweder noch in der unteren Schichte der Lederhaut oder an der Grenze dieser und des Unterhautzellgewebes liegt. In der Achselgrube sind sie sehr entwickelt und bilden eine zusammenhängende Schichte unter der Lederhaut. Der Schweissdrüsencanal besteht aus einer Membrana propria, welche von rundlich eckigen Zellen in ein- oder mehrfacher Lage ausgekleidet wird. Sie stimmen in Form und Verhalten mit den Zellen der tiefern Schichten des Rete Malpighii zusammen; sie führen häufig Fett- und Farbstoffkörnchen in ihrem Inhalte. In der Wand der grösseren Schweissdrüsen, namentlich bei denen in der Achselhöhle findet sich eine förmliche Lage organischer Muskelfasern; an anderen kleineren und weniger entwickelten Drüsen zeigen sich ebenfalls Muskelfasern aber weniger reich und regelmässig geordnet. Bei vielen kleinen, zarten Drüsen z. B. an den Extremitäten finden sich gar keine Muskelzellen. Der von dem Drüsenknäuel aufsteigende Ausführungsgang ist in der Lederhaut ein wenig geschlängelt. Die Oberhaut durchsetzt er dagegen, indem er seine Wandung verliert und nur als Lücke zwischen den Epidermiszellen erscheint, in korkzieherarti-

gen Windungen. Seine Oeffnung auf der Oberfläche der Epidermis (Schweisspore) ist meist etwas trichterförmig erweitert.

Die Ohrenschmalzdrüsen gleichen den Schweissdrüsen im Bau vollkommen. Sie finden sich im knorpeligen Theile des Gehörganges zwischen seiner Hautbedeckung und dem Knorpel. In dem Drüsenknäuel zeigt sich das Epithel stark fetthaltig, mit gelben Farbkörnchen gefüllt; den Zellen in dem Ausführungsgange der Drüse fehlt diese Füllung. An der Membrana propria der Ohrenschmalzdrüsen sind reichlich organische Muskelfasern.

Die Talgdrüsen der Haut (Glandulae sebaceae) finden sich fast über die ganze Haut verbreitet und secerniren den Hauttalg oder die Hautschmiere Sebum cutaneum. Sie sind kleine, entweder einfach birnförmige, birnförmig-verästelte oder zusammengesetzte traubenförmige Drüsen (Fig. 125.). Die Talgdrüsen kommen in grösster Anzahl an behaarten Stellen vor und münden zugleich mit den Haarbälgen an der Hautoberfläche. Die kleinsten Talgdrüsen stehen an den Kopfhaaren je zwei; an den Haaren des Bartes, der Achselgrube, der Brust sind sie grösser, am bedeutendsten an den Haaren der Geschlechtstheile. An den Haaren des Naseneinganges, Augenbrauen, Augenwimpern zeigen sich je zwei Talgdrüsen. An den Wollhaaren der Nase, des Warzenhofes, des Ohres zeigen sich meist Drüsenhäufchen oder grössere Drüsen, namentlich an der Nase sind sie stark entwickelt. Am rothen Lippenrande und den Labia minora finden sich Talgdrüsenschichten, welche nicht mit Haaren zusammenhängen. Jede Drüse besitzt eine Hülle (?) die im Innern mit rundlicheckigen Zellen ausgekleidet ist, welche reichlich mit Fett erfüllt sind, aber auch meist noch einen Kern wahrnehmen lassen.

Die Schweiss- und Ohrenschmalzdrüsen sind mit einem reichlichen Capillarnetze umsponnen, das den kleineren Talgdrüsen fehlt. Es beruht darauf unzweifelhaft die verschiedene Mechanik ihrer Secretbildung. Während der Schweiss unter den Bedingungen des gesteigerten Druckes in den Hautcapillaren abgesondert wird, ist das Secret der Talgdrüsen nichts Anderes als der

Fig. 125. (*F.*)



Eine Talgdrüse. *a.* Die Drüsenbläschen; *b.* der Ausführungsgang; *c.* der Balg eines Wollhaars; *d.* der Schaft des letzteren.

Fig. 126. (*K.*)



A. Ein Drüsenbläschen einer gewöhnlichen Talgdrüse, 250 mal vergr. *a.* Epithel scharf begrenzt, aber ohne Bekleidung von einer Membrana propria und unmittelbar übergehend in die fetthaltigen Zellen *b.* (die Umrisse derselben sind zu undeutlich angegeben) im Innern des Drüsenschlauches. *B.* Talgzellen aus den Drüsenschläuchen und dem Hauttalge, 350 mal vergr. *a.* Kleinere fettarme, noch mehr epithelartige kernhaltige Zelle; *b.* fettreiche Zellen, ohne sichtbaren Kern; *c.* Zelle, in der das Fett zusammenzufliessen beginnt; *d.* Zelle mit Einem Fetttropfen; *e. f.* Zellen, deren Fett theilweise ausgetreten ist.

Inhalt der in fettiger Metamorphose zerfallenen Drüsenzellen. Die fettige Metamorphose geht in ähnlicher Weise auch krankhaft in wenig mit Blut versorgten — ruhenden — Organen vor sich (Fig. 126 und 36, 37, 39.).

Milchbildung cfr. S. 113.

Schweiss und Schweissabsonderung.

Der Schweiss ist farblos, durchsichtig, sauer reagirend, von verschiedenem Geruch je nach den Hautstellen, von denen er gewonnen wurde. Er gehört zu den wasserreichsten Secreten, sein fester Rückstand schwankt nach den vorhandenen Analysen zwischen 0,4 % und 2,2 %. Die Hauptmasse dieses Rückstandes besteht aus Kochsalz von 0,2—0,6 %. Ausserdem finden sich in ihm: Fette, flüchtige Fettsäuren: Ameisensäure, Essigsäure, Buttersäure, Propionsäure und nach Einigen Harnstoff (Funke, Favre). Unter den anorganischen Salzen findet sich neben dem Kochsalz, das die Hauptmasse derselben ausmacht, auch Chlorkalium, phosphorsaures Kali, phosphorsaurer Kalk und Magnesia und Eisenoxyd. Wir sehen, es sind die Blutsalze, welche im Schweiss den Organismus verlassen. Favre will eine eigenthümliche, stickstoffhaltige Säure, Schweisssäure im Schweisse aufgefunden haben. Berzelius erwähnt Ammoniaksalze; es steht nicht fest, ob letztere sich nicht erst durch faulige Zersetzung in dem Schweisse gebildet haben.

Die Bedingungen der Schweissabsonderung sind noch nicht vollkommen klar. Im Allgemeinen sehen wir Schweiss auftreten bei Vermehrung des Wassers im Blut und den Organen, durch Trinken, besonders lauwarmer Getränke; durch erhöhten Druck im Arteriensysteme, Erweiterung der Capillaren der Schweissdrüsen und der Haut. Wir sehen dann Schweiss mit Röthung der Haut aus der letztgenannten Ursache auftreten bei gesteigerter Temperatur der umgebenden Luft, besonders wenn dieselbe stark mit Wasserdämpfen geschwängert ist. Die Secretion tritt dann wohl auf dem Wege der Filtration und Diffusion ein; auch hier mag neben der Functionirung der Epithelzellen die sauere Reaction des Schweissdrüseninhaltes den Uebertritt des Albumins aus dem Blute in den Schweiss hindern, wie uns das auch bei dem Harne wahrscheinlich wurde. Nur ein Theil des Drüsensecretes stammt aber direct aus dem Blute; ein anderer, vor allem das Fett rührt von fettigem Zerfall der Drüsenzellen selbst her.

Die organische Musculatur der Haut und der Drüsen selbst betheiligt sich an dem Auspressen des Secretes aus den Drüsenschläuchen und Knäueln.

Je nach dem Reichthum der Hautstellen an Schweissdrüsen ist die Schweissabsonderung an einer Stelle der Haut stärker als an der andern, Stirne und Achselhöhlen schwitzen am stärksten. Krause zählte auf einem □″ Haut an der hinteren Rumpfseite 400—600 Drüsen, ebensoviel an der Wange, dem Ober- und Unterschenkel; 924—1090 an der Vorderseite des Rumpfes, Hals, Stirn, Vorderarm, Hand- und Fussrücken, 2685 an der Sohle, 2736 an der Handfläche. Die Gesammtzahl (ohne die Schweissdrüsenknäuel der Achsel) berechnet sich danach etwa auf (Krause) 2,381,248. Der Gesammtflächenraum, der der Schweissabsonderung dient, eingerechnet die Drüsen der Achselhöhle, berechnete sich zu 39,653 Cubikzoll. Diese grossen Zahlen lehren begreifen, wie

die Schweissabsonderung dann, wenn die Bedingungen zu ihrer Entstehung zusammentreffen, eine sehr grosse sein kann. Nach den Bestimmungen Favre's, der den Schweiss in einem Schwitzbade auffing, während die Versuchsperson darin nackt auf einer Metallrinne lag, in welche der Schweiss abfloss, betrug die in $1\frac{1}{2}$ Stunde entleerte Menge zwischen 1500 und 2500 Gramm. In einem Schwitzbade verlor ich während 17 Minuten hauptsächlich durch Schweissabgabe 1280 Gramm also über $2\frac{1}{2}$ Pfund. Unter anderen Umständen kann bei vollkommener Gesundheit die Schweissbildung Monate lang ganz unterbleiben. Manche Personen schwitzen sehr leicht und viel, andere wenig, ohne dass sich immer ein Grund dafür in der Körperbeschaffenheit auffinden liesse.

Starke Muskelanstrengung, wodurch die Allgemeintemperatur des Körpers erhöht wird, wirkt wie die gesteigerte äussere Temperatur schweisstreibend. Auch psychische Einflüsse z. B. Furcht sehen wir auf die Schweissbildung von beförderndem Einfluss. Merkwürdig ist es, dass unter Umständen die Hemmung, welche der Schweissbildung entgegensteht, krankhaft so bedeutend werden kann, dass auch bei Zusammentreffen aller Schweiss befördernder Momente, doch die Haut nicht zum Schwitzen kommt. In anderen Krankheitsfällen ist es umgekehrt. Der einzige Fingerzeig, dass es sich hiebei um auch sonst wirksame Absonderungseigenthümlichkeiten handelt, liegt darin, dass nach starker Schweissbildung diese auch bei Fortbestand der Bedingungen dazu nachlässt.

Mit der stärkeren Absonderung und zunehmenden Schweissmenge nehmen nach Funke die organischen Stoffe im Schweisse ab, die anorganischen zu. Die erst secernirten Partieen Schweiss reagiren sauer; die späteren neutral, selbst alkalisch. Die sauere Reaction und der Schweissgeruch rührt zumeist von freien Fettsäuren her. Je nach den Körperstellen ist der Schweissgeruch verschieden.

In dem Secrete der Ohrenschmalzdrüsen überwiegen die Fette sehr bedeutend. Neben den anorganischen Salzen findet sich Oleïn und Margarin, aber auch ein Albuminat und ein löslicher bitterer Stoff. Das Mikroskop zeigt in dem Ohrenschmalz Fettzellen, freies Fett, Cholesterinkrystalle, Epithelialzellen der Oberhaut.

Das Secret der Talgdrüsen zeigt die genannten mikroskopischen Elemente ebenfalls. Frisch abgesondert ist es halbflüssig, ölig, an der Oberfläche der Haut erstarrt es. Es enthält ausser Wasser ein caseïnähnliches Albuminat, Fette, Palmitin, Oleïn, Seifen mit den Fettsäuren der genannten Fette und anorganische Salze, die qualitativ mit denen des Schweisses übereinstimmen, quantitativ überwiegen aber die phosphorsaueren Erden. Die Vernix caseosa stimmt chemisch mit dem Hauttalge überein. Das Smegma praeputii soll eine Ammoniakseife enthalten. Es besteht stets zum grössten Theil aus abgestossenen Epidermiszellen der Eichel.

Hautthätigkeit bei krankhaften Zuständen.

Für den Arzt sind die Veränderungen der Hautsecretion in Krankheiten sehr wichtig. Es ist bekannt, dass eine der häufigsten Krankheitsursachen in Einflüssen auf die Hautoberfläche: Erkältung besteht, von welcher wir anzunehmen gewöhnt sind, dass sie direct auf die Perspiration einwirke.

Ueber die krankhaften Veränderung der chemischen Zusammensetzung des Schweisses sind nur wenige sichere Angaben vorhanden.

Am sichersten constatirt ist ein bedeutender Harnstoffgehalt (Schottin u. A.) des Schweisses bei gehinderter Harnstoffausscheidung durch die Nieren, wie sie bei organischen Nierenleiden und Cholera vorkommen kann. Der Harnstoffgehalt des Gesichtsschweisses kann in der Cholera so gross sein, dass er sich als ein krystallinischer glänzender Beleg nach dem Verdunsten des Wassers auf der Haut abscheidet (Fig. 127.).

Fig. 127. (*F.*)



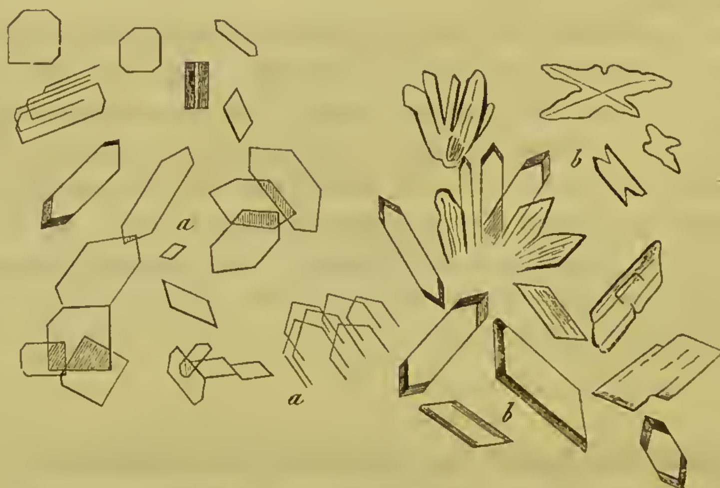
Krystallisationen des Harnstoff. *a* Auskrystallisirte vierseitige Säulen. *b* unbestimmte Krystalle, wie sie aus alkoholischer Lösung anzuschiessen pflegen.

Um ihn zu erkennen, löst man etwas von dem abgeschabten Belege in Alkohol, verdampft im Wasserbade bis fast zur Trockne und prüft den gebliebenen Rückstand durch Zusatz von wenig Salpeter- oder Oxalsäure, mit welchen charakteristische, krystallinische Verbindungen des Harnstoffs entstehen.

Lässt man concentrirte Harnstofflösung und reine (nicht rauchende) Salpetersäure unter dem Mikroskop zusammenfliessen, so bilden sich zuerst stumpfe Rhombenoctaëder, an die sich immer mehr Massentheilchen anlegen. Es entstehen endlich rhombische oder hexagonale Tafeln. Der spitze Winkel derselben misst 82°.

Aehnlich schlägt sich der Harnstoff aus seinen Lösungen durch Zusatz concentrirter Oxalsäurelösung nieder, in hexagonalen Tafeln, oder seltener als vierseitige Säulchen (Fig. 128.).

Fig. 128. (*F.*)



Krystalle der Verbindungen des Harnstoffs mit Salpetersäure und Oxalsäure. *a a* Salpetersaurer Harnstoff. *b b* Oxalsaurer.

Im Schweiss Diabetischer konnten Nasse u. A. Zucker nachweisen.

Im stinkenden Fussschweiss finden sich durch faulende Epidermisab-

schuppungen, Drüsensecret und Schmutz: Leucin, Tyrosin, Baldriansäure, Ammoniak.

Im Hitzestadium bei Wechselfieber soll sich im Schweiss viel buttersaurer Kalk zeigen.

Im Schweiss »Steinkranker« soll sich Harnsäure finden.

Im klebrigen Schweisse bei Rheumatismus acutus will man Albumin gefunden haben.

Der Schweiss zeigt sich hie und da gefärbt. Bei Icterus können vielleicht Gallenfarbstoffe den die Wäsche manchmal gelbfärbenden Farbstoff abgeben. Man hat rothe und blaue Schweisse beobachtet, als Grund der letzteren konnte Bizio in einem Falle Indigo erkennen. Fordas glaubt, dass die blaue Farbe auch von Pyocyanin herstammen könnte (s. Eiter), wofür auch wahrscheinlich eine Beobachtung Schwarzenbach's spricht.

Der rothe Schweiss erhält seine Farbe meist von Beimischung von Blut. Ferraes beobachtete bei Paralytikern an der Kopfhaut wahre Blutungen aus den Schweissdrüsen; Av. Franque sah rothen, blutkörperchenhaltigen Schweiss bei einer histerischen Frau, es gingen zuerst Schmerzen in den später blutschwitzenden Hautpartieen voran. Auch ältere Beobachtungen der Art existiren. Der Ort des Blutschwitzens ist vorzüglich die Stirne, Brust, Achselhöhle, Hände, zuweilen tritt es nur halbseitig auf. Congestionen zu den betreffenden Hautpartieen scheinen stets die Hauptursache dieser Affection zu sein. Bei »gelbem Fieber« finden sich nicht selten blutige Schweisse.

Auch schwarze Schweisse an ganz localisirten Hautstellen (Augenlidern z. B.) wurden wie es scheint sicher beobachtet (Chromhydrose).

Einige Medicamente gehen in den Schweiss über, dessen Zusammensetzung sie also verändern. Schottin fand im Schweiss eingenommene Bernsteinsäure und Weinsäure wieder.

Nach Einnahme von Benzoësäure soll der Schweiss wie der Harn Hippursäure enthalten.

Nach Mittheilungen von G. Bergeron und G. Lemattre lassen sich im Schweisse von Individuen, welche arsensaueres Kali oder Natron innerlich bekamen, diese Salze unverändert nachweisen. Arsenigsaueres Eisen zersetzt sich: das Eisen wird durch den Harn, Arsensäure durch den Schweiss ausgeschieden. Iodquecksilber erscheint im Harne als Quecksilberchlorid, während Quecksilberchlorid selbst unverändert übergeht. Iodkalium konnten sie im Gegensatze zu Andern im Schweiss nicht auffinden.

Die Unterdrückung der Hautthätigkeit als Krankheitsursache, wie sie bei Erkältungen vorausgesetzt wird und bei Hautkrankheiten sicher existirt, hat zu vielen Versuchen angeregt.

Man bestrich, um die Wirkung des Ausschlusses der Hautthätigkeit zu beobachten, die Haut von Thieren mit einem luftdichten Ueberzug z. B. mit Firniss (Leinölfirniss, Gummi etc.). Es zeigt sich, dass die lackirten Thiere nach kürzerer oder längerer Zeit sicher zu Grunde gehen. Der Tod tritt bei kräftigen Thieren später ein als bei schwächlicheren; nach Gerlach bei Pferden erst nach mehreren Tagen. Hat man nicht die ganze Haut gefirnisst, sondern eine grössere oder kleinere Stelle derselben frei gelassen, so werden die

Erscheinungen um so geringer je grösser die freibleibende Hautpartie ist. Nach Edenhuizen gehen aber Kaninchen noch zu Grunde, wenn mehr als $^1/_8$—$^1/_6$ ihrer Körperoberfläche der Perspiration verschlossen ist.

Unmittelbar nach dem vollkommenen Ueberzuge sinkt die Temperatur stetig bis zum Tode, ebenso die Athmungs- und Pulsfrequenz. Ist die bestrichene Stelle nur klein so findet sich statt eines Sinkens der Athemfrequenz ein Steigen derselben. Es scheint dass neben dem Sinken der Temperatur, Athemfrequenz und Pulsfrequenz ein »febriler Zustand« durch das Lackiren erzeugt werde, welch letzterer das charakteristische Bild der Herabsetzung der genannten Functionen bei geringer Ausdehnung der gefirnissten Fläche verdecken könne. Gerlach sah dem Absinken der Temperatur und den anderen Functionen bei Pferden stets eine Steigerung der Herzaction und Athmungsfrequenz vorausgehen. Das Temperaturabsinken beobachtete er erst bei nahendem Tode. Die Thiere zitterten und magerten sehr rasch ab.

Es fragt sich, was ist die Todesursache bei dem Ausschluss der Hautathmung?

Die Versuche von Gerlach, Fourcault, Ducrois, Becquerel-Breschet, Magendie, Gluge, etc. ergaben eine Ueberfüllung der Gefässe, Blutanhäufung im Herzen und Erguss in die Höhlen des Körpers von serösen Flüssigkeiten, zum Beweise, dass die Nieren und Lungen die secretorische Thätigkeit der Haut nicht übernommen haben; doch fand Gerlach bei Pferden eine Vermehrung der Harnabsonderung. Es ergaben die Sectionen weiter: Hyperämie der Muskeln, Lungen, Leber, Milz, wässerige Ergüsse in die Pleura und Bauchhöhle, Blutaustritte (Ecchymosen) der Magenschleimhaut, Blutüberfüllung und Oedem der Haut. Man dachte vielfältig daran, dass vielleicht die Stoffe, welche im Schweiss ausgeschieden werden, die Ursache der Erkrankung sein könnten. Edenhuizen sah in der unter dem Ueberzuge eiternden Haut: Tripelphosphatkrystalle (phosphorsauere Ammoniak-Magnesia). Hatte er kleine Partieen der Haut von der Bestreichung frei gelassen, so konnte er während des Lebens (mittelst Hämatoxylinpapier) die Ausscheidung eines flüchtigen Alkali nachweisen, was bei gesunden Thieren nicht der Fall ist. Es ist fraglich, ob diese Ammoniaknachweise sich nicht einzig auf die in den eiternden, jauchigen Wunden unter dem eingerissenen Lacküberzug, wie sie Edenhuizen bei seinen Thieren beschreibt, vor sich gehende Entstehung von Ammoniak durch Fäulniss beziehen. Es scheint mir der Gedanke, dass es sich wenigstens bei einigen der beschriebenen Erfolge des Lackirens um Zurückhaltung der sonst im Schweiss ausgeschiedenen flüchtigen Säuren handelt, sehr nahliegend zu sein. Dass derartige Säuren im Schweiss den Harn verlassen, steht fest. Ebenso ist bewiesen, dass durch Einführung von Säuren in das Blut sowohl die Herzfrequenz als die Temperatur herabgesetzt werden kann. — Eine Erklärung für die Wirkungsweise der »Erkältung« ergaben die angestellten Versuche bisher nicht.

Die ärztliche Praxis schreibt mit Recht oder Unrecht der Aufnahme gewisser Substanzen eine Vermehrung der Schweisssecretion zu. Vor allem wirksam erscheint Wasser und warme wässerige Getränke. Eine Wirksamkeit beansprucht man auch für: ätherische Oele, Ammoniaksalze, Aether, Alkohol, Brechweinstein, Ipecac., Tabak, Stipp. dulcam. etc., ohne dass vorerst diese Behauptung physiologisch begründet wäre.

Die Resorption durch die Haut, auf deren supponirtes Vorhandensein die Anwendung einer Reihe äusserlicher Medicamente, Mineralbäder etc. beruht, besteht zweifelsohne für gasförmige Stoffe, wie durch Gerlach sicher gestellt wurde. Dass die Haut bei der Athmung sich betheilige und dabei Sauerstoff absorbirt, ist der hierher gehörige Fundamentalnachweis. In ähnlicher Weise können auch giftige oder anästhesirende Gase resorbirt werden, sodass sie von der Haut aus wirken: Blausäure, Schwefelwasserstoff, Aether, Chloroform etc. Offenbar haben wir es hier mit einer Function der Schweissdrüsen zu thun.

Eine Resorption flüssiger oder salbenartiger Stoffe von der unverletzten, normalen Haut aus, ist dagegen bisher noch nicht sicher nachgewiesen. Die endosmotischen Versuche mit Epidermis ergeben für die Aufsaugung ein negatives Resultat. Tritt eine Aufnahme ein, so findet sie gewiss ebenfalls vor allem durch die Drüsenmündungen statt. Voit fand mikroskopische Quecksilberkügelchen auf Durchschnitten der Epidermis, einzelne sogar in der Cutis, nachdem er an dem noch warmen Körper einer Hingerichteten an der Beugeseite des Vorderarmes eine Portion graue Salbe eingerieben hatte. Donders sah schon Speichelfluss bei Hautentzündungen (Erysipelas) in Folge Quecksilberaufnahme in das Blut bei blosem Auflegen von Salben auf die entzündete Hautstelle eintreten. Dagegen ist Resorption gelöster Stoffe in Bädern nicht erwiesen, alle genaueren Untersuchungen scheinen dagegen zu sprechen. So konnte z. B. Braune nach einem Fussbad mit Iodkalium nur dann Iod in den Secreten, in die es sowie es im Organismus ist, sehr rasch übergeht, nachweisen, wenn die Verdunstung des Iods aus dem Bade nicht gehindert war, sodass sich aus seinen Versuchen ergiebt, dass die Aufnahme des Iodes dann durch die Athmung stattgefunden hatte. Braune schützte sein Iodkaliumfussbad vor der Verdunstung durch eine darüber geschichtete Oellage.

In ein neues Stadium ist die Frage über Hautresorption durch die Beobachtungen Parisot's getreten. Er konnte durch genaue Versuche theilweise an sich selbst angestellt keine Aufnahme von wässeriggelösten Stoffen durch die unveränderte Haut nachweisen. Er experimentirte mit warmen Bädern von $^1/_2$—2 Stunden Dauer, welche grosse Quantitäten von Iodkalium, Ferrocyankalium, Chlorkalium, schwefelsauerem Eisenoxydul, Belladonna, Digitalis und Rhabarber enthielten. Er untersuchte Speichel und Harn, ohne jemals eine Spur der im Bade gelösten Stoffe in ihnen auffinden zu können; nach Belladonnabad trat keine Erweiterung der Pupillen ein, nach Digitalis keine Pulsverlangsamung, nach Rhabarber färbte sich der Harn nicht roth.

Parisot zeigte nun, dass die Unfähigkeit der Haut, wässerige Stoffe zu resorbiren, von dem Fettüberzug, den dieselbe durch den Hauttalg erhält, herrühre. Brachte er die Stoffe in einem Medium gelöst auf die Haut, welches den Hauttalg auflöst und entfernt, z. B. in Alkohol, Aether und am sichersten Chloroform, so stellte sich sogleich Resorption ein. Atropinlösung mit Chloroform vermischt auf die Haut applicirt bewirkte gegen die Stirn gehalten in 3 Minuten Pupillenerweiterung, eine alkoholische Lösung bewirkte dasselbe erst nach einer halben Stunde, eine wässerige, essigsauere dagegen gar nicht.

Die physiologische Hautpflege stellt sich nur die Aufgabe der Reinlichkeit. Tägliche Waschungen des Gesammtkörpers sind für das Wohlbefinden und die Gesundheit von grösster Wichtigkeit. Die Wirkung der Seife besteht in dem Auflösen des fettigen Schmutzes auf der Haut, der dem Wasser allein trotzt. Nach Liebig steht ihr Verbrauch an Seife in directem Verhältniss zur Culturhöhe der Völker. Die Reinlichkeit steht in demselben directen Verhältniss zur durchschnittlichen Gesundheit. Man hat bei der militärischen Gesundheitspflege von Einrichtung regelmässiger Badegelegenheiten (Badezimmer in den Casernen) für die Truppen den wesentlichsten Einfluss auf den durchschnittlichen Gesundheitszustand (resp. Krankenstand) beobachtet. Es ist Pflicht, regelmässige Bäder den ärmeren Volksklassen durch städtische Einrichtungen zu ermöglichen. Keiner Corrections- oder Erziehungsanstalt darf ein Badezimmer mit regelmässiger Benützung fehlen.

Der Wechsel der Leibwäsche ersetzt wenigstens in etwas das tägliche Bad des Gesammtkörpers. Die Leibwäsche saugt die Hautabsonderung in sich ein, sie nimmt in der Luft schwebenden Staub, der sich auf die Haut niederschlagen würde auf und verhindert, namentlich durch fortwährendes Trockenhalten der Haut, die Ansammelung von Schmutz. Wir schicken unsere Leibwäsche von Zeit zu Zeit an unserer Statt in's Bad (Pettenkofer). Während der Nacht verliert das ausgezogene Taghemd sein hygroskopisch aufgesaugtes Wasser, und wird dadurch wieder von neuem geschickt seine Functionen nochmals zu erfüllen. Ebenso ist es am Tage mit dem Nachthemd.

IV.

Die
Physiologie der Krafterzeugung des Gesammtorganismus.

I. Thierische Wärme.

Siebenzehntes Capitel.

Die Wärmeerzeugung des menschlichen Organismus.

Wirkung abnorm niedriger und hoher Temperaturen auf den thierischen Organismus.

Wir finden alle thierische Organismen mit einer von der Temperatur ihrer Umgebung in weiten Grenzen unabhängigen Eigentemperatur begabt. Der normale, erwachsene menschliche Körper hat eine ziemlich constante Temperatur von etwa 37° C.

Es unterliegt keinem Zweifel, dass in der Constanterhaltung der thierischen Wärme eine der Hauptfunctionen des Blutes besteht.

Wir haben das Blut recht eigentlich als die Quelle der Wärmeproduction in den thierischen Organismen kennen gelernt. Auf seiner Fähigkeit, Sauerstoff aufzunehmen, und diesen, in die active Form (Ozon) übergeführt, den Organen zu ihren nöthigen Functionen zu übergeben, beruht die Möglichkeit der Wärmebildung während des Lebens. Sobald der Sauerstoff, welchen die Blutkörperchen enthalten und in die Organe deponirt haben, verbraucht ist, und die Blutkörperchen sich nicht mehr neu mit diesem wichtigsten Lebensbedürfnisse beladen, hört der Organismus auf, in physiologischer Weise Wärme zu bilden, er hört damit auf zu leben, da das thierische Leben zu allen seinen Functionen eine von aussen unabhängige Wärme bedarf. Ausser in der Oxydation selbst, welche das Blut ermöglicht, werden wir noch in der Blutcirculation eine weitere Bedingung der Wärme des Organismus und seiner Organe erkennen.

Bei der Betrachtung des Zellenlebens schon sehen wir alle normalen organischen Vorgänge von einer constanten Temperatur, die sich in mittlerer Höhe erhält, abhängig.

Der Muskel, der Nerve, die Drüsen werden in ihren Lebenseigenschaften beeinträchtigt, sowie ihre Temperatur um einige Grade unter die Norm sinkt. Wir sehen die Zuckung des Muskels, die Erregungsleitung im Nerven durch Kälte zuerst verlangsamt, dann ganz unterbrochen. Bei lebenden Thieren (Kaninchen), deren Verhalten der künstlichen Abkühlung gegenüber man

studirte, zeigte sich, wenn die Temperatur bis zu einem gewissen Grad gesunken war, eine Bewegungsträgheit, dann Schwinden der Gehirnfunctionen. Der Tod durch Erfrieren erfolgt durch eine Gehirnanämie (Blutleere), welche durch Herabsetzung der Herzthätigkeit durch die Kälte eintritt. Das Herz functionirt ebenso wie alle Organe unter die normale Temperatur erkältet weniger lebhaft. Bei weissen Kaninchen wird der Augenhintergrund im Tode durch Erfrieren blass, anämisch; es treten allgemeine Muskelcontractionen ein, in denen der Tod erfolgt (A. Walther).

Die Abkühlung bei Kaninchen gelang bis zu + 15⁰. Wenn der Körper diese Temperatur angenommen hatte, war eine selbständige Wiedererholung des Thieres nicht mehr möglich. Die Herzfrequenz sinkt durch Erkältung sehr bedeutend. Bei Kaninchen, deren Herz sich in der Minute normal etwa 100—150mal contrahirt, sinkt bei einer Erkältung auf + 20⁰ C. die Frequenz der Herzschläge auf 50 ja auf 20 in der Minute. Endlich steht das Herz ganz still.

Verschiedene Thiere zeigen eine nicht unbedeutende Verschiedenheit in ihrem Verhalten gegen die Abkühlung. Während Walther wie angegeben bei dem Kaninchen den Tod schon bei einer Erkältung auf + 15 bis 18⁰ eintreten sah, konnte er den Ziesel (Suslik der südrussischen Steppen), einen Winterschläfer bis auf + 4⁰ abkühlen, ohne dass er die Fähigkeit verlor, sich selbständig wieder zu erholen, wenn er in eine wärmere Temperatur 10 bis 12⁰ C. gebracht wurde. Es ist sehr bemerkenswerth, dass die Herzthätigkeit des Winterschläfers durch die Temperaturerniedrigung nicht in derselben bedeutenden Weise sinkt, als bei dem nicht winterschlafenden Kaninchen. Bei + 20⁰ C. Körpertemperatur zeigte der Suslik noch 150 Herzschläge in der Minute, während die Herzfrequenz des Kaninchens schon so bedeutend vermindert war.

Die Angaben der Reisenden in arktischen Gegenden bestätigen die Beobachtungen über Erkältung bei Thieren auch für den Menschen. Dr. med. Kane, der berühmte Nordpolfahrer beschreibt die Wirkung der übermässigen Kälte zuerst als in einer immer mehr zunehmenden Unlust zur Bewegung bestehend; die Hemmung der Bewegung durch Kälte steigt endlich bis zu einem so hohen Grade, dass die Action der Muskeln ganz unmöglich wird. Bald tritt eine Umnebelung der Sinne und Unfähigkeit zu denken ein, die fast unwiderstehlich zum Schlafen zwingt. Der genannte kühne Reisende beschreibt diesen Zustand des Erfrierens, der ihn mehr als einmal an die directe Grenze des Todes geführt hat, als schmerzhaft und ungemein peinlich. Er konnte Nichts von der Annehmlichkeit des Schläfrigwerdens bei dem Erfrierungstode bemerken, von welcher man im warmen Zimmer zu träumen pflegt. Es stimmt diese Selbstbeobachtung Kane's ganz mit dem physiologischen Experimente überein, welches eine Verzögerung und schliesslich eine vollkommene Unfähigkeit der Bewegungsleitung im Nerven in Folge der Kälte erwiesen hat.

Die Beobachtungen Walther's lehren, dass das erkaltete Thier, trotzdem dass seine Lebensfunctionen schon vollkommen erloschen scheinen, doch wieder zum Leben zurückgebracht werden kann.

Wenn alle spontanen Bewegungen des erfrorenen Thieres (Kaninchen) vorüber sind, wenn das Herz nur noch ganz schwach und selten schlägt oder ganz aufgehört hat sich zusammenzuziehen (bei einer Temperatur des Körpers

von 15 bis 20° C.), tritt zwar von selbst, auch wenn man das Thier künstlich wieder erwärmt, keine Erholung mehr ein. Man kann aber dem Anscheine nach seit 40 Minuten durch Kälte getödtete Thiere wieder vollständig beleben, wenn man, zugleich mit künstlicher Wärmezufuhr von aussen, künstliche Athmung einleitet. Das Gehirn und die Nerven können nachdem sie so lange Zeit gelähmt waren, dadurch wieder belebt werden. Kühne hat gezeigt, dass sogar gefrorene frische Froschmuskeln, nach dem Aufthauen noch zuckungsfähig sein können. Die Beobachtung am Suslik zeigt, dass auch bei Warmblütern unter Umständen die Körpertemperatur sich dem Gefrierpuncte des Wassers sehr nähern kann (+ 4° C.), ohne dass dadurch die Lebensfähigkeit gänzlich erlischt.

Das Leben wird durch die Kälte zuerst für einige Zeit nur latent, ohne dass es den erkalteten Körper schon vollkommen verlassen hätte.

Wie der thierische Organismus seine Eigentemperatur unter der fortgesetzten Einwirkung einer sehr bedeutenden Kälte nicht behaupten kann, so sehen wir seine Widerstandsfähigkeit höheren Temperaturgraden der Umgebung gegenüber ebenfalls nicht unbegrenzt. Obernier sah in seinen Versuchen Thiere in einer constanten äusseren Temperatur von 40° C. schon in 2—4 Stunden sterben, wenn er ihnen weder Wasser noch Nahrung reichte.

Er sah dabei zu Anfang des Versuches die Eigentemperatur des Thieres etwas sinken, dann aber ziemlich gleichmässig ansteigen, bis sie 45° erreicht hatte, wobei der Tod eintrat.

Dem Tode ging zuerst ein Stadium der Ermattung und Schläfrigkeit voraus, dann folgten Allgemeinkrämpfe, die sich bis zum Tetanus steigern konnten. Der Tod trat unter Schwinden des Bewusstseins (Coma) ein.

Es ist sehr wahrscheinlich, dass bei diesem Versuche Obernier's die Thiere sich in einem mit Wasserdampf gesättigten Raum befanden. Delaroche hat nämlich schon die Beobachtung gemacht, dass Thiere in einer mit Wasserdämpfen überladenen Luft selbst wärmer werden können als das umgebende Medium und zwar um 2—5° C. Dagegen fanden Delaroche und Berger bei Kaninchen die sie einer trockenen Temperatur von 50—90° C. ausgesetzt hatten, nur ein langsames Steigen der Eigenwärme um einige Grade.

Ebenso wie auf den Gesammtorganismus sehen wir die gesteigerte Wärme auch auf die einzelnen Körperorgane von Einfluss. Bei höherer Temperatur sehen wir alle organischen Vorgänge zuerst rascher verlaufen. In den Nerven sehen wir die Leitungsfähigkeit der Bewegung, und die Erregbarkeit ansteigen. Höhere Grade der Wärme vernichten aber sehr rasch die Lebenseigenschaften der Gewebe. Die Nerven und Muskeln, Blutkörperchen, Drüsenzellen sehen wir schon bei einer Erhöhung ihrer Temperatur um wenige Grade über die Normaltemperatur des Körpers plötzlich absterben, in die sogenannte Wärmestarre verfallen, welche auf einer Gerinnung eines Theiles der in dem Gewebssafte gelösten Eiweisssubstanzen (Myosin z. B.) beruht. Bei Kaltblütern tritt diese Gerinnung und in deren Gefolge der Tod des Gewebes schon bei 40° C. ein, bei Säugethieren und dem Menschen zwischen 49° und 50° C., bei Vögeln erst bei 53° C. (Kühne).

Die eben angeführten Thatsachen belehren uns über die Weite der Grenzen, innerhalb welcher der thierische und menschliche Körper sich von der

Aussentemperatur unabhängig zu erhalten vermag. Ehe wir zur Frage übergehen, durch welche Mittel die Constant-Erhaltung der Körpertemperatur ermöglicht ist, haben wir uns vorerst noch mit den Temperaturverhältnissen des Körpers selbst genauer vertraut zu machen.

Die Körpertemperatur.

Wenn auch im Allgemeinen die Temperatur des thierischen Organismus eine constante genannt werden kann, so setzt sich doch auch dieses Gleichbleiben einer organischen Function aus regelmässigen Auf- und Abwärtsschwankungen zusammen. Es müssen sich selbstverständlich in der Wärme des Körpers, die wir als ein Product der Intensität der Oxydationsvorgänge im Organismus kennen gelernt haben, alle jene vielfältigen Schwankungen zu erkennen geben, die wir im Gesammtorganismus je nach seinen veränderlichen Allgemeinzuständen, vor allem je nach der Nahrungsaufnahme kennen gelernt haben, oder die sich in den einzelnen Organen entsprechend den Verschiedenheiten in ihrer Lebensenergie ergeben.

Auch bei allen bisher betrachteten Lebensvorgängen zeigte sich an dem gleichen Individuum ein unablässiges Ansteigen und Absinken zum Beweise, dass im Organismus zu verschiedenen, nahe neben einander liegenden Zeiten, z. B. schon im Laufe eines Tages die inneren Bedingungen seiner Verbrennung und Stoffumsetzung vielfältig wechseln. Die Sauerstoffaufnahme, die Kohlensäure- und Harnstoffausscheidung, die Gallebildung, die Bildung der übrigen Verdauungssecrete, die Muskelthätigkeit im Schlaf und Wachen, ebenso die Gehirnthätigkeit etc. sehen wir niemals gleich bleiben, sondern in mehr weniger ausgesprochener Regelmässigkeit während der Tageszeiten in ihrer Intensität auf- und abwärts schwanken. Nur theilweise sind diese Schwankungen von der zu bestimmten Zeiten erfolgenden Nahrungsaufnahme abhängig, die Beobachtungen bei Individuen, denen während der Beobachtungszeit keine Nahrung gereicht wurde, zeigen auf das deutlichste, dass ein analoges Wechseln auch von dieser starkwirkenden Ursache unabhängig aus im Organismus selbst gelegenen Ursachen regelmässig eintritt. Diese Tagesschwankungen in der Intensität der Lebensvorgänge bilden eine Analogie zu den in grösseren Zeiträumen verlaufenden thierischen Lebensperioden: Menstruation, Brunst, Haar- und Federwechsel, Winter- und Sommerschlaf etc.

Alle diese Verschiedenheiten rühren im letzten Grunde von der verschiedenen Energie der Verbrennungs- (Zersetzungs-) Vorgänge im lebenden Organismus her. Den weit überwiegend grössten Theil der bei diesen chemischen Vorgängen frei werdenden Kräfte, sahen wir als Wärme auftreten: die thierische Wärme muss also die gleichen Schwankungen wie jene erkennen lassen.

Wir haben die verschiedenen Lebensalter als Repräsentanten verschiedener allgemeiner Körperzustände kennen gelernt. Bärensprung's thermometrische Messungen haben uns ganz analoge Verhältnisse bei den verschiedenen Lebensaltern entdeckt, wie wir sie auch in Beziehung auf die Ernährungszustände derselben gefunden haben. Wir sehen auch hier das Greisenalter wieder zu kindlichen Verhältnissen zurückkehren.

Nach BÄRENSPRUNG beträgt die Mitteltemperatur aus vielfältigen Messungen in den Körperhöhlen während der verschiedenen Lebensalter

beim Neugebornen:	37,81
5—9 Jahre alt:	37,72
12—20 ,,	37,37
21—30 ,,	37,22
25—30 ,,	36,91
31—41 ,,	37,10
41—50 ,,	36,87
51—60 ,,	36,83
80 ,,	37,46

Die Temperaturen bei verschiedenen Nahrungsweisen sind noch nicht näher untersucht, doch ergaben die vorhandenen Bestimmungen deutlich eine Steigerung der Temperatur mit der Nahrungsaufnahme überhaupt, wie sie die dadurch gesteigerten chemischen Umsetzungen im Organismus erwarten liessen. Auch hiefür mag aus vielen Beispielen eine Bestimmung von BÄRENSPRUNG angeführt werden:

Um	5—7	Uhr	(Morgens im Bett)	betrug seine Temperatur	36,68° C.
,,	7—9	,,	(Kaffe)	,,	37,16° ,,
,,	9—11	,,	—	,,	37,26° ,,
,,	11—1	,,	—	,,	36,87° ,,
,,	1—2	,,	—	,,	36,83° ,,
,,	2—4	,,	(Mittagessen)	,,	37,15° ,,
,,	4—6	,,	—	,,	37,48° ,,
,,	6—8	,,	—	,,	37,43° ,,
,,	8—10	,,	(Abendessen)	,,	37,02° ,,
,,	10—12	,,	—	,,	36,85° ,,
,,	12—2	,,	(aus dem Schlafe geweckt)	,,	36,65° ,,
,,	2—4	,,	,,	,,	36,31° ,,

Die Tabelle ergiebt wie sich erwarten liess, dass die Temperatur nach dem Mittagsessen während der Verdauungsperiode am höchsten ist. Wie nach dem Mittagessen zeigt sich dieses Ansteigen der Temperatur auch nach dem Frühstück. Bei dem (leichten!) Abendessen lässt sich keine neue Ansteigung erkennen. Es rührt dieses wohl daher, dass gegen den Abend aus inneren Gründen die Temperatur des Körpers so bedeutend sinkt, dass eine durch das Essen gesetzte Steigerung durch das überwiegende Absinken der Temperatur aus den anderen Ursachen verdeckt werden muss. Nach meinen Beobachtungen, welche älteren entsprechen, ist die Temperatur ohne Nahrungsaufnahme während der Abendstunden am niedrigsten. LICHTENFELS und FRÖHLICH sahen zwei leichte Erhebungen der Temperatur des Körpers bei Nahrungsenthaltung eintreten, die erste 11 Stunden, die andere 19 Stunden nach der letzten Nahrungsaufnahme. Es scheint wahrscheinlich, dass der Organismus, durch regelmässige Einhaltung der Essenszeiten an eine regelmässige Thätigkeit gewöhnt, diese, auch bei Nahrungsenthaltung in der ersten Zeit nicht verändert. Wenigstens zeigen mir meine Beobachtungen am Hungernden am 2. Hungertage in der Temperatur die Hauptsteigerung auch auf 3 Uhr Nachmittags wohin sie

bei Bärensprung in Folge der Mittagsessenszeit der gebildeten Stände in Deutschland fällt.

Wenn schon aus diesen Beobachtungen sich ergiebt, dass durch Nahrungsaufnahme, und zwar in Folge der durch sie gesetzten Steigerung der Drüsenthätigkeit und Oxydation, die Körpertemperatur erhöht werden kann, so ergeben die Bestimmungen an hungernden Thieren das gleiche Resultat von der entgegengesetzten Seite. Durch Nahrungsentziehung wird die Temperatur des hungernden Körpers erniedrigt.

Nach Lichtenfels und Fröhlich sinkt die mittlere Temperatur des Menschen bei Nahrungsenthaltung von kürzerer Dauer auf 36,60° C., während sie bei normaler Nahrungsaufnahme dafür 37,17° C. gefunden hatten. Ich konnte ein deutliches Sinken der Temperatur bei meinen Hungerversuchen am Menschen nicht nachweisen. Chossat und Schmidt fanden bei verhungernden Thieren, dass sich etwa vom zweiten Tage an die nur wenig gesunkene Temperatur constant erhält, um erst gegen den Todestag stärker abzusinken. Eine verhungerte Katze Schmidt's starb mit einer Temperatur von 33° C. Ihre Normaltemperatur hatte zwischen 38 und 39° C. betragen.

An diese physiologischen Schwankungen der Temperatur schliessen sich Veränderungen der Körperwärme in Krankheiten an. Wir sehen in Fieberanfällen die Temperaturen ansteigen bis weit über die normale Körpertemperatur; die höchte Temperatur betrug 44,5° R. Es wird von den besten Beobachtern angenommen, dass diese gesteigerte Körpertemperatur von gesteigerten Oxydationen und vermehrtem Verbrauch von Körperstoff im Fieber herrühre. Man kann im Fieber eine gesteigerte Harnstoffbildung nachweisen, aus der man auch auf eine Vermehrung der übrigen Ausscheidungen zu schliessen sich berechtigt hält. Huppert glaubt aus dem vorhandenen (mangelhaften) Materiale auf eine Congruenz der Harnstoffvermehrung und Temperatursteigerung im Fieber schliessen zu können, so dass daraus sich ein directer Beweis ergeben würde, dass auch im Fieber die Erhöhung der Körperwärme von Vermehrung der Zersetzungsvorgänge in der Zeiteinheit abhängig sei.

Bei starker Herabsetzung der organischen Thätigkeiten, wie sie bei fortgesetzten Schwächezuständen vorhanden zu sein pflegen, am auffallendsten gegen den Eintritt des Erschöpfungstodes, sehen wir die Temperatur bedeutend absinken. Bei Cholera sinkt die Temperatur auf 26,6° C.

Die eben angeführten Temperaturen 44,5° C. bei Fieber und 26,6° C. bei Cholera scheinen stets mit der Erhaltung des Lebens unverträglich zu sein. Diese beiden Temperaturen sind also die extremsten Grenzwerthe für die Eigenwärme des Menschen. Es scheint danach, dass die Grenze nach abwärts beim Menschen schon höher zu liegen kommt als bei anderen Säugethieren, namentlich bei Kaninchen und Winterschläfern. Vögel, deren Wärme etwas höher ist als die der Säugethiere, sterben schon wenn ihre Eigentemperatur auf 26° C. gesunken ist.

Ausser diesen allgemeinen Bedingungen betheiligen sich auch an der Hervorbringung der Körpertemperatur noch die einzelnen Organe je nach dem Grade ihrer Thätigkeit. Die gesteigerte Nerventhätigkeit durch geistige Beschäftigung steigert nach J. Davy die Körpertemperatur um etwa 0,3° C., dauernde Muskelanstrengung hebt sie nach demselben Autor um 0,7° C.

Ziemsen zeigte, dass der Grund für die im letzten Falle gesteigerte Wärme in den Muskeln selbst zu suchen sei. Auch nach dem Sistiren der Bewegung der Muskeln geht die Erwärmung noch fort, wie sich durch Temperaturerhöhung der über den Muskeln liegenden Hautstellen (bis um 4° C.!) zu erkennen giebt. Gelähmte Glieder, deren Muskeln in Unthätigkeit verharren, zeigen eine niedrigere Temperatur als die analogen nicht gelähmten desselben Körpers. Durch elektrische Reizung kann in ersteren die Temperatur der normalen angenähert werden. Die Temperatur durch Muskelaction entsteht ungemein rasch.

Abgesehen von den Wärmeschwankungen durch die wechselnde Intensität der Organthätigkeit, zeigen auch die verschiedenen Körperstellen, äusserliche und innerliche, keine gleiche Temperatur. Es rührt dies hauptsächlich von der Verschiedenheit der Blutzufuhr und von der dadurch gesetzten Verschiedenheit in der Grösse der Zersetzungsvorgänge bei verschiedenen Organen her. In dem Bindegewebe sehen wir die Lebensvorgänge weniger lebhaft verlaufen als in dem Drüsen-, Muskel- und Nervengewebe. Wir müssen daraus erwarten, dass z. B. die aus Bindegewebe vor allem bestehende Haut normal etwas weniger hoch temperirt sein müsse als jene bevorzugteren Organe. Die definitive Entscheidung dieser Frage wird dadurch unmöglich, dass auf der Hautoberfläche eine starke, beständige Abkühlung stattfindet, welche für sich die Hauttemperatur stets herabsetzt.

Das Bindegewebe der Haut fanden Becquerel und Brechet um 2,1° C. weniger warm als die Körpermusculatur. Die Baucheingeweide zeigen eine höhere Temperatur als Lungen und Gehirn.

Die Temperaturmessungen in der Achselgrube geben um $^1/_4$ — $^1/_2$° C. niedrigere Werthe als die unter der Zunge in der geschlossenen Mundhöhle. Scheide, Mastdarm, Blase sind schon um etwa 1° C. wärmer als die Achselgrube.

Das Blut ist an sich nicht das Hauptorgan unter denen, welche Wärme für den Organismus erzeugen. Wir wissen, dass es darin von vielen, vielleicht den meisten Organen übertroffen wird.

Das Blut hat aber die wichtige Aufgabe, die verschiedenen Temperaturen der einzelnen Organe auszugleichen. Es löst diese Aufgabe dadurch, dass es in seiner Circulation zu allen Organen nicht nur als Ernährungsmaterial, sondern auch als eine Wärmequelle zuströmt. Es ist klar, dass das Blut aus allen Organen, während es dieselben durchfliesst, wenn sie höher als das Blut selbst temperirt sind, Wärme aufnehmen wird; ebenso einfach ergiebt sich die Nothwendigkeit, dass Organe, welche eine niedrigere Temperatur besitzen als das Blut, dem sie durchsetzenden Blute Wärme entziehen und dadurch sich selbst höher erwärmen werden.

Auf diese Weise wird das Blut zum Regulator der thierischen Wärme. Es leuchtet ein, dass das Blut selbst in verschiedenen Gefässen eine verschiedene Temperatur besitzen müsse.

Bischoff, G. v. Liebig, Cl. Bernard, Ludwig haben vor Allem dafür den experimentellen Beweis geliefert. Es zeigt sich, dass das Blut der Hautvenen kälter ist als das der Hautarterien, welches schon einen Theil seiner Eigenwärme an die Haut abgegeben hat. Dagegen steigt die Temperatur des Blutes während

dasselbe die Nieren, Leber, Speicheldrüsen oder Muskeln durchsetzt; bei den beiden letzten Organgruppen ist das sicher wenigstens während ihrer Thätigkeit der Fall. Die Vena cava superior, welche das Blut aus Theilen des Körpers zurückbringt, welche der Abkühlung vor allem ausgesetzt sind, zeigt sich stets etwas kühler als das Blut der Vena cava inferior, welche das Blut aus den arbeitenden grossen Drüsen etc. dem Herzen zuführt. Das Blut des rechten Ventrikels ist stets wärmer als das des linken, welches nach Durchsetzung der Lunge eine so bedeutende Abkühlung erfahren hat.

Stets betragen aber die gemessenen Unterschiede in der Bluttemperatur, wie sich aus der grossen Geschwindigkeit der Blutbewegung von selbst erwarten lässt, nur Bruchtheile eines Grades. Die Einzelbestimmungen der Temperatur des Blutes haben schon bei den Organfunctionen ihre Angabe und Besprechung gefunden.

Die Wärmeregulirung des Organismus.

Wir haben im Vorstehenden die aus den inneren Verhältnissen des Organismus hervorgehenden Schwankungen und Ausgleichungen der Wärme betrachtet. Wir haben uns nun die wichtige Frage zu beantworten: Wie verhält sich der Organismus verschiedenen äusseren Einwirkungen auf seine Körpertemperatur gegenüber; wodurch ist er befähigt, seine Eigentemperatur im Kampfe gegen jene constant zu erhalten?

Die äusseren Einflüsse auf die Körpertemperatur zerfallen selbstverständlich in solche, welche diese herabsetzen und in solche, welche sie zu erhöhen bestrebt sind.

Wir haben schon gesehen, dass in extremen Fällen die Wärmeregulirungseinrichtungen des Organismus nicht im Stande sind, diesen Einflüssen auf die Dauer einen ausreichenden Widerstand entgegenzusetzen. Auch geringere Grade der Einwirkung jener Agentien sehen wir nicht spurlos an dem Körper vorübergehen. So zeigt sich, dass ein Aufenthalt in heissen Klimaten mit einer erkennbaren Steigerung bis zu 1° C. der Mitteltemperatur verknüpft ist bei Individuen, welche in einem kälteren Klima zu wohnen gewöhnt sind (J. Davy, Brown-Séquard). Die Körpertemperatur sinkt bei längerem Aufenthalt in der Kälte, besonders wenn derselbe mit gezwungener Körperruhe verbunden ist, um einen gleichen Werth (z. B. in der Kirche im Winter). Aehnliche Erfolge sehen wir vom kalten Bade etc. ausgeübt. Alle die beobachteten Schwankungen halten sich aber in sehr engen Grenzen, welche nur verständlich werden, wenn Regulirungseinrichtungen der Temperatur fort und fort den äusseren Einwirkungen entsprechend thätig werden. Nur ein Theil dieser Regulirung wird von uns willkürlich und mit Absicht in Thätigkeit gesetzt (Kleiderwechsel, kalte Bäder, kalte Speisen etc.). Ein anderer Theil erfolgt instinctiv, einfach reflectorisch.

Es ist vor allem klar, dass ein gesteigerter Wärmeverlust des Organismus, wodurch dessen Normaltemperatur herabgesetzt zu werden droht, durch eine gesteigerte Thätigkeit der wärmeerzeugenden Organe ausgeglichen werden könnte. Man hat in dieser Hinsicht von jeher an die Erwärmung des Muskels und an die der Drüsen durch ihre Thätigkeit erinnert. Man zog die

Erfahrungen von Reisenden bei, nach deren Berichten von den Bewohnern kalter Klimate ungemein grosse Nahrungsquantitäten genommen werden und zwar vor allem sehr fettreiche, welche viel Wärme produciren. Durch jeden gesteigerten Stoffumsatz nimmt selbstverständlich die in der Zeiteinheit gebildete Wärmemenge zu.

Der Körper kann Wärme verlieren: durch Leitung, Strahlung und Verdunstung.

Die abkühlenden Organe, deren Thätigkeit sich je nach dem Bedürfniss des Körpers modificirt, sind vor allem die Haut und die Lungen. Durch Leitung können beide Organe entsprechend ihrer Oberfläche Wärme abgeben. Man muss sich hier aber daran erinnern, dass das Wärmeleitungsvermögen der Luft äusserst gering ist; das des Wassers ist ziemlich viel besser.

Je dünner die Epidermis, welche die Wärme schlecht leitet, je weniger die Hautstelle behaart ist, um so stärker wird von ihr der Wärmeabfluss sein können, wenn wir sie uns unbekleidet vorstellen. Ein anderer viel wesentlicher Factor ist die Ausdehnung und Füllung der Blutgefässe in der Haut, wie wir noch näher betrachten werden. Auch die Gestalt der Organe ist nicht gleichgültig für den Wärmeverlust. Uebereinstimmend mit der Erfahrung, dass die Wärmestrahlung aus schmalen, spitzigen Körpern leichter stattfindet, sehen wir die Nasenspitze, Ohren, Finger und überhaupt die Extremitäten sich leichter und rascher abkühlen als den Rumpf. Am mächtigsten wirkt die Verdunstung auf den Wärmeabfluss. Sie wirkt um so stärker und lebhafter, und entzieht zum Gasförmigmachen des Wassers der Haut und dem Körper um so mehr Wärme, je feuchter die Haut ist. Bei einer schwitzenden Haut tritt ein Maximum der Wasserverdunstung und also auch des Wärmeverlustes ein.

Die Abkühlung in den Lungen muss, da die Temperatur in der ausgeathmeten Luft mit der rascheren Athemfolge nicht nennenswerth sinkt, mit der Zahl und dem Umfang der Athemzüge direct zunehmen; selbstverständlich auch mit der Geschwindigkeit des Blutstromes in den Lungen.

Je nach der Verschiedenheit der Fälle sehen wir die genannten Regulatoren in entsprechendem, verschiedenem Grade in Wirksamkeit treten.

Eine Vermehrung der äusseren Temperatur bringt zuerst eine Erweiterung der Blutgefässe in der Haut hervor. Das reichlicher zugeführte Blut steigert die Temperatur der Haut. Dadurch kann durch Strahlung und Leitung eine bedeutendere Wärmemenge abgegeben werden. Die erhöhte Flüssigkeitsmenge in dem Hautgewebe, welche der gesteigerten Blutzufuhr entspricht (Turgor), wird auch die Verdunstung steigern. Bei noch höheren Wärmegraden sehen wir endlich Schweissbildung eintreten und damit den Wärmeabfluss so bedeutend steigern, dass sich der Körper selbst sehr hohen Temperaturen, so lange er schwitzen kann (so lange die Luft nicht mit Wasserdampf gesättigt ist und die Hautthätigkeit nicht sistirt), anzupassen vermag. Blagden und Andere nach ihm hielten es mehrere Minuten in einer trocknen Wärme von + 79° C. aus, A. Berger und de la Roche 8—16 Minuten bei 100° bis + 127° C. Blagden sah dabei seine Temperatur nur um 1° C. steigen. Bei Kaninchen beobachtete man ebenfalls in einer Temperatur von 50°—90° C. nur eine Steigerung der Temperatur um wenige Grade.

Unter Umständen können die Wärmeregulatoren gelähmt sein, so dass sie unzweckmässig und zu stark wirken. Auf Durchschneidung des Rückenmarkes sehen wir die Körpertemperatur sinken, wir sehen die Thiere fortleben aber gleichsam kaltblütig geworden. Durchschneidung des Sympathicus am Halse oder an den Lendenwirbeln bewirkt ebenfalls eine (geringe) Herabsetzung der Körperwärme, um so bedeutender, je umfangreicher der durch die Durchschneidung gelähmte Gefässbezirk. Vagusdurchschneidung setzt direct die Temperatur nicht herab, erst die Folgezustände der Durchschneidung zeigen sich von Einfluss auf die Temperatur. Diese Herabsetzung der Temperatur erfolgt nur zum kleinsten Theile durch Verminderung der Sauerstoffaufnahme und dadurch verminderte Wärmebildung in Folge der Beeinträchtigung der Athmung und des Kreislaufes. Der Hauptgrund der niedrigen Temperatur liegt in einer durch die Rückenmarkdurchschneidung gesetzten Erweiterung der peripherischen Blutgefässe, wodurch eine gesteigerte Hauttemperatur und dadurch gesteigerter Wärmeabfluss gesetzt wird. Solche Thiere leisten jeder Abkühlung nur einen geringen Widerstand. Setzt man aber künstlich ihren Wärmeabfluss durch Einhüllung z. B. herab, so sieht man sie nicht mehr kälter, sondern dem gesteigerten Blutzufluss entsprechend wärmer werden (Tscheschichin). Daraus geht für den Arzt ein praktischer Wink hervor: nicht überall, wo er eine verminderte Temperatur des Organismus sieht, auchschon primär an eine Herabsetzung der Wärmebildung in dem betreffenden Falle zu denken. Wir haben es offenbar bei solchen Erkaltungen in der Mehrzahl der Fälle mit einer Erleichterung des Wärmeabflusses zu thun.

Aehnlich wie in dem vorliegenden Falle, in welchem die Differenz zwischen der Temperatur des umgebenden Mediums und der wärmeabgebenden Oberfläche gesteigert und dadurch der Wärmeabfluss proportional gemehrt wurde, kann offenbar das Sinken der Temperatur auch auf einer vorübergehenden oder dauernden Verbesserung des Wärmeleitungsvermögens der Organe beruhen, ohne dass die Wärmequelle im Organismus sparsamer fliessen müsste. Das Leitungsvermögen des Wassers wird durch Auflösung von Salzen in ihm verbessert, wie schon die Versuche von Traill ergaben. Mit der krankhaften oder physiologischen stärkeren Concentrirung der thierischen Flüssigkeiten kann also wohl das Wärmeleitungsvermögen ebenso steigen, wie ich das für das galvanische Leitungsvermögen derselben beweisen konnte. Die Beobachtungen am Winterschläfer im Vergleich mit anderen Thieren zeigen deutlich, dass es sich bei den hier ergebenden Unterschieden im Widerstande gegen die Kälte vor allem um besseres Leitungsvermögen der Organe für Wärme handeln müsse. Sicher sind hierin die Thierarten und auch einzelne Individuen derselben Species sehr verschieden. Die Zugvögel und Wanderthiere können wohl der Abkühlung nicht genügend trotzen. Nach den Messungen Parry's betrug dagegen die Wärme arktischer Thiere bei einer Temperatur der Luft von — 30° immer noch + 35 bis 40° C.

Das gesteigerte Abkühlungsvermögen, welches wir durch gewisse Gifte eintreten sehen: Alkohol, Morphium, Digitalis, Nicotin, Curare, sowie durch gesteigerte Muskelaction (A. Walther), beruht wohl nur zum kleineren Theile auf einer durch sie gesetzten gesteigerten Wärmeleitung, vor allem aber auf

analogen Veränderungen der Gefässlumina wie nach Rückenmarks- oder Gefässnerven-Durchschneidung. Das Nicotin (Tabak) erweitert, wenn nicht heftige Krämpfe durch dasselbe hervorgerufen werden, die peripherischen Gefässe. Auf diese Weise lässt sich begreifen, wie es die Abkühlung des Körpers erleichtert. Aehnlich wirkt eine Vergiftung mit Curare und Alkohol. Besonders letzteres ist wichtig zu constatiren, da der Volksaberglaube dem Branntwein im Gegensatz zu den beobachteten Wirkungen eine wärmende Eigenschaft zuerkennt. Anstatt seine Wohnung zu heizen, trinkt der Arme Branntwein. Die Steigerung der Wärme im subjectiven Gefühle beruht auf einer durch den Alkohol gesetzten Gefässerweiterung, welche den frierenden Theilen für den Augenblick mehr Wärme zuführt, im Ganzen aber die im Körper vorhandene Wärme übermässig rasch verbraucht. Alkohol wird also nur gut und warm gekleidete, gutgenährte Individuen dauernd zu erwärmen vermögen. Die Todesfälle durch Erfrieren im Winter beziehen sich dagegen zur übergrossen Mehrzahl auf (mangelhaft gekleidete) Betrunkene. Ein analoges Urtheil ist über ein anderes Volksmittel, sich in strenger Kälte zu erwärmen, abzugeben. Ich meine die Muskelbewegung. Auch für sie fand Walther, dass sie die Wärmeabgabe erleichterte, und zwar aus demselben Grunde wie der Alkohol. Bei der Besprechung der Muskelaction wird die Frage besprochen werden, ob zur Muskelaction direct ein Antheil der thierischen Wärme als Arbeitskraft verwendet werde.

Am meisten Gewicht in der Reihe der abkühlenden Momente legt Walther auf die Steigerung der Circulation. Wir sehen in Folge gesteigerter Wärme des Körpers stets auch eine Ansteigung der Pulsfrequenz eintreten. Die täglichen Wärmeschwankungen gehen den täglichen analogen Pulsschwankungen etwas voran. Liebermeister hat, wie es scheint, mit aller Sicherheit erwiesen, dass auch mit der krankhaft gesteigerten Temperatur im Fieber stets auch in ganz analoger Weise der Puls ansteige. Auch hier lässt sich oft die Temperatursteigerung als das Primäre erkennen. Liebermeister fand:

bei den Temperaturen:

37°; 37,5°; 38°; 38,5°; 39°; 39,5°; 40°; 40,5°; 41°; 41,5°; 42°.

die mittlere Pulszahl;

78,6; 84,1; 91,2; 94,7; 99,8; 102,5; 108,5; 109,4; 110; 118,6; 137,5.

Diese Steigerung der Herzfrequenz bei erhöhter Temperatur, mag sie nun aus inneren, im Organismus selbst gelegenen, oder aus äusseren Ursachen eintreten, ist für die Abkühlung, für die Wärmeabgabe von dem grössten Werthe.

Walther fand, durch seine Versuche die wichtige Thatsache, dass die Schnelligkeit der Abkühlung in geradem Verhältniss steht zur Frequenz des Herzschlages. Wir haben also in der Veränderung, welche die Herzfrequenz durch die Verschiedenheiten der Temperatur erleidet: Beschleunigung durch die Wärme, Herabsetzung durch die Kälte, einen der wichtigsten Wärmeregulatoren. Ebenso wirkt die vermehrte oder verminderte Athemfrequenz.

Aus dem bisher Gesagten geht schon hervor, was dem Organismus für Einrichtungen zu Gebote stehen für die Constanterhaltung seiner Temperatur gegen erkaltende Einflüsse.

Da die Wärmeabgabe im directen Verhältnisse mit dem Temperaturunterschiede der sich berührenden, verschieden warmen Körper zu und abnimmt, so muss für eine Regulirung der Körperwärme gegen allzu starke Abkühlung zuerst und vor allem die Oberflächentemperatur der Haut herabgesetzt werden. Diese Herabsetzung erfolgt dadurch, dass sich auf den Kältereiz die Hautgefässe contrahiren und in Folge davon in der Zeiteinheit eine geringere Blutmenge durch sich hindurch treten lassen. Der Haut wird dadurch weniger Wärme zugeführt, sie wird kühler, die Wärmeabgabe wird dadurch verlangsamt. Es ist klar, dass dadurch, dass die Wärmeabgabe verlangsamt wird, unter Umständen der durch die gesteigerte Abkühlung an sich gesetzte gesteigerte Wärmeverlust für den Gesammtkörper übercompensirt werden kann. Liebermeister zeigte, dass durch ein kaltes Sturzbad, Ausziehen der Kleider in kalter Luft und analoge Einflüsse, die Temperatur in der Achselhöhle steigen kann. In Folge dieser durch die äussere Kälte im Organismus gesetzte Temperatursteigerung müssen alle Organthätigkeiten und Zersetzungen in ihm an Intensität zunehmen, da wir ja wissen, dass eine mässig gesteigerte Temperatur diesen Erfolg besitzt. Die Verengerung der Hautgefässe und die dadurch gesetzte Aufspeicherung von Wärme im Inneren des Körpers bedingt also nicht nur eine Verringerung des Wärmeverlustes, sondern auch eine Steigerung des Stoffumsatzes in den vor allem wärmeerzeugenden Organen, die auch in der vermehrten Blutzufuhr entsprechend mehr Oxydationsmaterial erhalten. — Tscheschichin fand, dass nach Durchschneidung des Gehirnes zwischen Pons und Medulla oblongata eine beträchtliche Temperaturerhöhung des Körpers eintrat. Er vermuthet, dass für die gefässverengenden Centra sich im Gehirn ein Moderationscentrum befinde, mit dessen Lähmung die Erwärmung des Blutes durch vermindernden Wärmeabfluss erfolgt; für die Fieberlehre könnte diese Beobachtung, wenn sie sich bestätigt, von grösster Wichtigkeit werden.

Ist die Wirkung der Kälte so bedeutend, dass eine wirkliche Herabsetzung der Körpertemperatur erfolgt, so tritt nun als weiterer Regulator die Verlangsamung des Herzschlages und der Athemfrequenz ein. Auch die in Folge der Kälte gesetzte Bewegungslosigkeit wirkt im Principe wärmeerhaltend. Walther hat wenigstens gezeigt, dass todte Thiere sich sehr viel weniger rasch abkühlen unter denselben Umständen als lebende, was nur auf den vollkommenen Bewegungsmangel zu schieben ist. In der Kälte sehen wir reflectorisch den Körper seine abkühlende Oberfläche möglich verkleinern, sich zusammenkauern, um auch dadurch den Wärmeabfluss zu verringern. Je kleiner die Oberfläche, desto geringer ist natürlich der Wärmeverlust: grössere Leute, welche im Verhältniss eine kleinere Körperoberfläche besitzen als kleinere, erkalten weniger leicht als letztere. Bei Säuglingen und Kindern kommen zu diesem Momente noch andere den Wärmeabfluss sehr begünstigende hinzu, unter denen ich hier die hohe Athem- und Herzfrequenz anführen will.

Die Erkaltung wird bei jedem Individuum um so rascheren Erfolg haben, je geringer die Summe von Wärme ist, die der Körper in sich trägt. Wir haben es hier sicher mit einer Folge der Ernährungsweise und also mit einer

Folge der wechselnden Körperzustände zu thun. Wir werden in der nächsten Folge sehen, dass je nach der Nahrung die im Körper befindliche Wärmemenge sehr wechselnd ist. Da die verschiedenen Lebensalter, Geschlechter, Armuth und Reichthum etc. derartig verschiedene Körperzustände repräsentiren, so ist es wohl verständlich, warum Arme, Kinder, Greise, Frauen, Reconvalescenten mehr frieren als robust genährte Männer. Jeder Wärmeverlust repräsentirt bei den ersteren einen viel grösseren Bruchtheil der Gesammtwärmequantität als bei den letzteren. Walther's calorimetrische Versuche lehren direct, dass die Wärmemenge in verschiedenen Individuen derselben Thierspecies sehr schwankend sein könne. Bei dem Winterschläfer, welcher der Kälte so gut zu trotzen vermag, ergab sich aber stets eine höhere Wärmemenge als bei dem Kaninchen.

Die Wärmemenge des Organismus und ihr Verbrauch.

Unter der Annahme, dass die Oxydation der Elementarstoffe, Kohlenstoff und Wasserstoff, in den chemischen Verbindungen, wie sie im thierischen Organismus verbrennen, die gleiche Wärme lieferc, als wenn die Elementarstoffe für sich verbrannt würden, kann man die Wärmemenge, die ein thierischer Organismus während einer bestimmten Zeit producirt, berechnen aus den gleichzeitig bestimmten Ausscheidungsstoffen des Körpers. Man macht dazu noch die weitere Annahme, dass der Sauerstoff, welcher in den oxydirten Verbindungen vorhanden war, so anzusehen sei, als ob er in den Verbindungen mit Wasserstoff schon zu Wasser verbrannt wäre. Man hat also bei der Berechnung des Oxydationseffectes von der Gesammtmenge des Wasserstoffs, die in der Respiration erscheint, soviel Wasserstoff als schon oxydirt abzuziehen, als dem in der Verbindung enthaltenen Sauerstoff entspricht. Die unten folgenden Beispiele werden diese Rechnung klar machen.

Aus einfachen theoretischen Betrachtungen geht hervor, dass diese so gewonnenen Werthe für die bei der Oxydation gelieferte Wärme kein richtiger Ausdruck für die wirkliche Wärmeentwickelung sein könne. Eine Berechnung der Wärmeproduction für die S. 71. angeführten Stoffe, deren latente Wärme direct bestimmt ist, zeigt, dass die Resultate nicht genau übereinstimmen. Bei der Berechnung der von den Fetten gelieferten Wärmemenge würde man letztere überschätzen im Vergleiche mit dem wirklich beobachteten Werthe. Umgekehrt ist es bei der Berechnung der von Zucker und anderen Kohlenhydraten, sowie organischen Säuren gelieferten Wärmemenge, hier bleibt die Rechnung ziemlich weit unter der wirklichen Beobachtung. Dasselbe ist mit grosser Bestimmtheit für die Albuminate und deren Abkömmlinge anzunehmen. Für den Zucker lässt sich diese Annahme direct anschaulich machen. Im Zucker bleibt nach der oben gegebenen Auseinandersetzung für die Wärmebildung nur der Kohlenstoff übrig, da in seiner Verbindung Sauerstoff und Wasserstoff genau in dem Verhältnisse vorhanden sind, um mit einander sich zu Wasser zu vereinigen. In 1 Gramm Zucker sind enthalten 0,4 Gramm Kohlenstoff; diese liefern bei ihrer Verbrennung 3234 Wärmeeinheiten. 1 Gramm Zucker liefert aber bei der Gährung 0,51 Gramm Alkohol. Für diesen ist die latente Wärme direct bestimmt; 0,51 Gramm Alkohol liefern

nach der directen Bestimmung allein 4568 Wärmeeinheiten, also um $^1/_4$ mehr als der noch ungegohrene Zucker. Dazu kommt noch, dass schon bei der Gährung sich Wärme entwickelt.

Trotz dieser Ungenauigkeit der berechneten und directen bestimmten Werthe für die bei der Verbrennung gelieferte Wärmemenge (latente Wärme), lassen sich, wie die Beobachtungen von Dulong und Despretz ergeben, doch für die Gesammtproduction an Wärme für einen Organismus Werthe berechnen, welche mit den direct beobachteten nicht übel übereinstimmen. Die genannten Forscher bestimmten die während einer gewissen Zeit von Thieren abgegebene Wärmemenge und verglichen diese mit der aus den Respirationsproducten, welche während dieser Zeit abgegeben wurden, berechneten Wärmequantität. Der Fehler in den Dulong'schen Zahlen stellt sich, wenn man die höchsten Werthe für die latente Wärme des Kohlenstoffs und Wasserstoffs annimmt, im Mittel nur etwa auf 8%. Um diese Grösse sind die berechneten Werthe kleiner als die direct gefundenen.

Wenn wir also nach dem Vorgange von Dulong, Depretz, Helmholtz u. A. die von dem Menschen in einer bestimmten Zeit gelieferte Wärmemenge berechnen, so erwarten wir daraus nicht etwa vollkommen richtige Resultate, aber doch immerhin solche, dass sie innerhalb der zu beachtenden Grenzen eine Vergleichung unter einander wohl gestatten.

Zur Berechnung lassen sich bis jetzt am besten meine Ernährungsversuche am Menschen benützen. Ich wähle aus dem mir vorliegenden Material 4 besonders wichtige Beispiele heraus, um die Verschiedenheiten der Wärmeerzeugung je nach der verschiedenen Ernährungsweise anschaulich zu machen.

I. Wärmeproduction bei gemischter Kost.

(Die Einnahmen in der Nahrung deckten die Ausgaben in den Excreten; die Zahlen bedeuten Gramme).

Einnahmen:	N	C	H	O
250 Fleisch	8,5	31,80	4,33	12,88
400 Brod	5,2	97,44	13,81	89,32
70 Stärke.	0	26,05	4,69	28,94
70 Eiereiweiss . . . . . . (=11,2% trocken)	1,52	5,99	0,78	2,46
100 Fett	0	67,94	9,46	8,60
Summe:	15,22	229,22	33,17	142,20
Ausgaben:	**N**	**C**	**H**	**O**
31,3 Harnstoff	14,60	6,26	2,10	8,35
0,73 Harnsäure	0,24	0,25	0,02	0,21
22,52 Koth	1,12	10,58	1,46	6,77
Summe:	15,96	17,1	3,58	15,33
Bleibt für die Athmung: . .	0	207 (direct bestimmt)	29,52	126,87

126,87 Gramm Sauerstoff bedürfen zur Wasserbildung 5,86 Gramm Wasserstoff. Diese gehen von dem obigen Reste ab. Es bleiben also zu oxydiren:

207	Gramm C	diese liefern	1673802 Wärmeeinheiten
13,66	- H	- -	470750 -

In 24 Stunden wurden geliefert bei gemischter Kost: 2'144552 Wärmeeinheiten

II. Wärmeproduction am ersten Hungertage (beginnt 23 Stunden nach der letzten Nahrungsaufnahme).

(Die Einnahmen vom Körper aus den Ausgaben berechnet.)

Einnahmen:	N	C	H	O
54,45 Albumin	8,62	29,86	3,53	11,5
195,94 Fett (beide vom Körper geliefert)	0	154,79	22,62	18,98
Summe:	8,62	184,65	26,15	30,38
Ausgaben:	N	C	H	O
18,3 Harnstoff	8,54	3,66	1,220	4,88
0,24 Harnsäure	0,08	0,09	0,006	0,07
Summe:	8,62	3,75	1,226	5,95
Bleibt für die Athmung:	0	180,9 (direct bestimmt)	24,94	24,43

Die 24,43 Sauerstoff bedürfen zur Wasserbildung: 3,05 Gramm Wasserstoff. Es bleiben, wenn wir diese abziehen, zur Wärmebildung übrig:

180,9 Gramm C sie liefern 1'462757 Wärmeeinheiten
21,89 - H - - 754373 -

in 24 Stunden wurden geliefert am ersten Hungertage: 2'217130 Wärmeeinheiten.

III. Wärmeproduction bei Fleischnahrung.

(Der Ansatz von Fleisch und Abgabe von Körperfett aus den Ausscheidungen berechnet.)

Einnahmen:	N	C	H	O
1832 Gramm Fleisch, davon eben nur zersetzt 1300 Gramm	44,19	162,76	22,49	66,95
Fett zum Braten 70 Gramm; Weiterverbrauch an Fett vom Körper 75,14 Gramm } 145,14 Fett	0	101,28	16,62	15,00
Summa:	44,19	264,04	39,11	81,95
Ausgaben:	N	C	H	O
86 Harnstoff	40,28	17,26	5,73	22,94
1,95 Harnsäure	0,65	0,70	0,05	0,55
99 Koth	3,26	14,88	6,00	28,00
Summe:	44,19	32,84	11,78	51,44
Bleibt für die Athmung:	0	231,2 (direct bestimmt)	27,33	30,46

Die 30,46 Gramm Sauerstoff bedürfen zur Wasserbildung: 3,81 Gramm Wasserstoff. Ziehen wir diese von dem restirenden Wasserstoff ab, so bleiben noch zu verbrennen:

231,2 Gramm C sie liefern bei der Verbrennung 1'869483 Wärmeeinheiten
23,52 - H - - - - - 810546 -

In 24 Stunden wurden geliefert bei starker Fleischnahrung: 2'680029 Wärmeeinheiten.

IV. Wärmeproduction bei stickstoffloser Kost.

(Eiweissverbrauch und Fettansatz aus den Excreten gerechnet.)

Einnahmen:	N	C	H	O
51,55 Gramm Körpereiweiss	8,16	27,5	3,51	11,34
150 Gramm Fett davon angesetzt: 81,5 Gramm also wirklich verbrannt: 68,5	0	46,5	6,37	5,89
300 Stärke	0	111,6	16,92	124,05
100 Zucker	0	38,2	8,33	51,60
Summe:	8,16	223,8	35,13	192,88

Ausgaben:	N	C	H	O
17,1 Harnstoff.	7,98	3,42	1,140	4,36
0,54 Harnsäure	0,18	0,19	0,004	0,05
90 Koth	0	18,79	1,670	6,12
Summe:	8,16	22,4	2,814	10,53
Bleibt für die Athmung	0	200,5 (direct bestimmt)	32,316	182,35

Die 182,35 Gramm Sauerstoff verbrauchen zur Wasserbildung: 22,78 Gramm Wasserstoff. Diese von dem Wasserstoffrest abgezogen, so bleiben zur Verbrennung:

200,5 Gramm C sie liefern bei der Verbrennung	1'621243 Wärmeeinheiten.
9,536 - H - - . - - -	328767 -
In 24 Stunden wurden bei stickstoffloser Nahrung geliefert:	1'950010 Wärmeeinheiten.

Die vorstehend formulirten Untersuchungen habe ich an mir selbst bei vollkommener Gesundheit angestellt. Mein Alter betrug 24 Jahre, meine Grösse 6′ 2″ bayrisch, mein Durchschnittsgewicht 70 Kilogramm.

Stellen wir die erhaltenen Werthe der Wärmeabgabe in 24 Stunden bei verschiedenen Nahrungsbedingungen und Körperruhe zusammen, so ergiebt sich in runder Summe für den

Tag mit gemischter Kost.	2'140000 Wärmeeinheiten
Hungertag (ersten)	2'217000 -
Tag mit Fleischkost	2'680000 -
Tag mit N-freier Kost	1'950000 -
Im Mittel also etwa	2'200000 Wärmeeinheiten.

Helmholtz hat aus älteren, weniger genauen Angaben als die hier zu Grunde gelegten für den erwachsenen Mann als mittlere tägliche Wärmemenge die etwas höhere Zahl: 2700000 Wärmeeinheiten gerechnet, welche mit meinem Maximum übereinstimmt. Andere bekamen noch weit höhere, offenbar falsche Zahlen.

Aus meinen Beobachtungen leitet sich nach dem Vorstehenden vor allem das wichtige Ergebniss ab:

Die Wärmemenge, welche der menschliche Organismus in einer bestimmten Zeit zu verausgaben hat, ist vor allem von der gleichzeitigen Nahrungsweise abhängig. Weitaus am grössten ist die Wärmequantität bei Fleischkost, am geringsten bei stickstoffloser Kost; bei gemischter Kost hält sie einen mittleren Werth ein. Die Wärmemenge am ersten Hungertage beweist, dass auch ohne Nahrungsaufnahme ein fett- und fleischreicher Organismus die genügende Wärmemenge zu produciren vermag. Ganz andere Resultate werden sich natürlich bei anderen, herabgekommenen Individuen und nach längerem Hunger ergeben. Dieselben Resultate, die ich für den Menschen gewann, lassen sich für den Fleischfresser berechnen aus den von Pettenkofer, Bischoff und Voit am Hunde angestellten Versuchen.

Wir finden in den mitgetheilten Zahlen den Beweis für den oben aufgestellten Satz, dass der menschliche Körper bei schlechter, z. B. Kartoffelnahrung, der Kälte viel weniger Widerstand zu leisten vermag als nach fleisch- und fettreicher Kost.

Das Fett im Unterhautzellgewebe gut genährter Individuen hat, wenn einmal die Hautarterien durch die Kälte contrahirt sind, als schlechter Wärmeleiter auch einen Antheil an der Verhinderung der allzu raschen Wärmeentziehung.

Um uns eine Anschauung von der Bedeutung der grossen Zahlen der Wärmeproduction machen zu können, müssen wir uns daran erinnern, dass eine Wärmeeinheit diejenige Wärmemenge bedeutet, welche erforderlich ist, um 1 Gramm Wasser auf 1° C. zu erwärmen.

2,2 Millionen Wärmeeinheiten genügen also, um 4400 Pfund Wasser (1 Pfd. = 500 Gramm) von 0° auf 1° C. oder was dasselbe ist, 44 Pfd. Wasser von 0° auf 100° C. zu erwärmen.

Helmholtz hat in geistreicher Weise den Wärmeverlust zu bestimmen versucht, welchen der Mensch auf den verschiedenen Abzugswegen für seine Wärme erleidet. Er fand, dass zum weit überwiegenden Antheil die Wärme an der Haut durch Abkühlung und Verdunstung abgegeben wird..

Nach seiner Rechnung wird von der Gesammtwärme des ruhenden Menschen verbraucht:

Zur Erwärmung der kälter als der Organismus eingeführten Nahrungsmittel weniger als . . . . . . 2,6 %
zur Erwärmung der Athemluft weniger als . . . . 5,2 %
zur Wasserverdunstung in den Lungen weniger als . . . . 14,7 %
es bleiben also für die Abkühlung und Verdunstung an der Hautoberfläche mehr als . . . . 77,5 %

Es ist aus dem im Vorhergehenden Gesagten klar, dass diese Abkühlungswerthe durch verschiedene Aenderungen in den Verhältnissen bedeutende absolute Werthveränderungen erleiden können.

Temperaturbestimmungen für ärztliche Zwecke.

Im Anschlusse an obige Auseinandersetzung mache ich noch einmal direct darauf aufmerksam, dass die Mittheilungen über Veränderungen des Wärmeabflusses genügen, um dem Arzt die grösste Vorsicht anzurathen bei Entscheidung der Frage, ob ein Krankheitszustand seine vermehrte oder verminderte Temperatur von einer Auf- oder Abwärtsschwankung in der Stärke seiner Oxydationsvorgänge ableite. Auch eine Steigerung der Bluttemperatur, nicht nur der Temperatur der Hautoberfläche durch gesteigerte Wärmezufuhr, kann allein durch verminderten Wärmeabfluss erzeugt werden. Ja es kann, wie wir oben gesehen haben, eine Steigerung der Oxydationsgrösse im Körper das secundäre Phänomen sein, abhängig von einer primär auf anderem Wege erhöhten Bluttemperatur.

Nach diesen Gesichtspuncten haben wir die bei dem Fieberfroste gefundene Erhöhung der Bluttemperatur zu beurtheilen, sie ist höchstwahrscheinlich ein secundäres Phänomen, analog den von Liebermeister beobachteten Temperatursteigerungen durch Einwirkung geringerer Kältegrade, abhängig von der Contraction der peripherischen Arterien, welche auch durch Blutleere in der Haut, wie sie regelmässig durch den Kältereiz hervorgebracht wird, dem Patienten das Gefühl des Frostes als eine Sinnestäuschung erzeugt. Aus der Erhöhung der Bluttemperatur können dann alle anderen Fiebererscheinungen sich ergeben: beschleunigter Herzschlag, beschleunigte Athemfolge, gesteigerte Oxydation, die dann, wenn auf die krampfhafte Contraction der peripherischen Gefässe als Ermüdungserscheinung eine Lähmung der Arterien

eintritt, das zweite oder Hitzestadium des Fiebers charakterisiren. So vereinigen sich die Angaben der verschiedenen experimentell arbeitenden Pathologen, vor allem TRAUBE's und LIEBERMEISTER's, von denen ersterer das Fieber als eine Contractionserscheinung der peripherischen Gefässe, der andere als eine Steigerung der Oxydation auffasst. Beides ist richtig; das Zweite ist aber vielleicht nur die Folge (?) des Ersten.

Offenbar kann nun aber auch die einmal krankhaft gesteigerte Oxydation als etwas Selbständiges erscheinen. Die Veränderung in der chemischen Zusammensetzung der Gewebe, die Aufhäufung von Zersetzungsproducten in denselben hat einen selbständigen, verändernden Einfluss auf den Fortgang der normalen Zersetzungen. Es treten dadurch ganz analoge Veränderungen im Stoffumsatze ein, wie wir sie bei der Thätigkeit der Muskeln antreffen werden, und wir sehen sie hier wie da mit dem gleichen Erfolge verknüpft: Ermüdungsgefühl und Kraftlosigkeit charakterisiren die fieberhaften Krankheiten ebenso wie die normale Ermüdung. Es sind »ermüdende Stoffe«, welche sich in den Geweben anhäufen und in den Muskeln jene bekannte, scheinbare Erschöpfung, in den Nerven die Erhöhung der Erregbarkeit erzeugen; beide Erscheinungen sind nur durch die »Anwesenheit« der ermüdenden Substanzen, der Zersetzungsproducte der Gewebe (Milchsäure, saures phosphorsaures Kali etc.) in letzteren und im Blute bedingt, sowie sie entfernt sind, kehrt Kräftigung und Wohlgefühl zurück.

Die Bemerkung, dass allen fieberhaften Krankheiten ein Stadium der Vorläufer, deren Hauptcharacteristicum als »Ermüdung« im oben gegebenen Sinne bezeichnet werden muss, bei der sich die Muskelschwäche und nervöse Erregung bis zum Schmerz steigern kann, macht den Gedanken wahrscheinlicher, dass es sich (im Gegensatz zu TRAUBE's Hypothese) bei Fieber primär um eine gesteigerte Bildung von Zersetzungsproducten der Gewebe (gesteigerte Oxydation) oder um mangelhafte Abführung der in normaler Quantität gebildeten handeln möge. Die fraglichen Stoffe können im Blute angehäuft als Reiz für die Musculatur der Gefässe dienen und diese zur Contraction veranlassen. Vielleicht handelt es sich dabei auch um eine durch diese Stoffe angeregte Veränderung in der Wirkung des TSCHESCHICHIN'schen Wärmemoderationscentrums im Gehirne, wodurch primär eine Contraction der Gefässe hervorgerufen würde, welche später in eine Lähmung desselben übergeht. Man hat die Höhlenflüssigkeiten des Gehirnes reich an Kalisalzen gefunden; es ist nicht undenkbar, dass die vorhandenen Analysen sich auf krankhaft veränderte Flüssigkeiten bezogen, und dass die Vermehrung der Kalisalze im Gehirne es ist, welche entsprechend ihren heftigen Wirkungen auf Nerven und Muskeln den ersten Anstoss zur Veränderung der normalen Körperactionen bei dem Entstehen fieberhafter Krankheiten giebt.

Da wir eine Erkaltung der Hautoberfläche mit Veränderungen, Steigerungen in den Stoffvorgängen verknüpft sehen, so begreifen wir leichter, wie die »Erkältung« als krankmachende Ursache wirksam werden könne, wenn wir als letzten Krankheitsgrund die Anhäufung gewisser durch den Stoffumsatz im Körper entstehender Stoffe in übermässiger Menge im Blute und den nervösen Centralorganen annehmen. A. WALTHER beobachtete bei allen seinen Thieren, die er übermässig erkaltet hatte, in den folgenden Tagen einen sehr

gesteigerten, »fieberhaften?« Stoffverbrauch, sie verloren alle bedeutend an Gewicht. Ebenso stimmt mit der hier gegebenen Anschauung über das Fieber überein, dass der Körperzustand nach übermässiger Muskelaction nicht vom Hitzestadium eines heftigen Fiebers zu unterscheiden ist: das erregte Aussehen, die glänzenden Augen, die gesteigerte Temperatur der Haut und des Blutes, das Jagen des Pulses und der Athemthätigkeit, die erhöhte nervöse Erregbarkeit, die bis zur Schlaflosigkeit und Zittern sich steigern kann, verbunden mit grosser Ermattung der Musculatur, Unfähigkeit zur Muskelbewegung; die Farbe und das Ansehen des sedimentiven in spärlicher Menge abgesonderten concentrirten Harnes — Alles sind Zeichen des Fiebers. Die Bilder der Ermüdung und des fieberhaften Hitzestadiums sind in Nichts verschieden; wir können nicht daran zweifeln, dass sie durch die gleichen Ursachen hervorgerufen werden: durch Vermehrung der im Blute und in den Geweben enthaltenen Zersetzungsproducte. Nach der Nahrungsaufnahme sind letztere natürlich ebenfalls in analoger Weise gesteigert; dem entsprechend sehen wir nach jeder stärkeren Mahlzeit einen fieberhaften Zustand eintreten. Am bedeutendsten ist die gleichzeitige Entstehung der, man gestatte den Ausdruck, »fiebererzeugenden« Stoffe nach starker Fleischnahrung; in meinen Versuchen sah ich wirklich den »fieberhaften« Zustand nach dem Essen bei Aufnahme übermässig grosser Fleischmengen am stärksten. Es wurden 2009 Gramm (frisch gewogenes) Rehfleisch gegessen. Nach dem Essen heftiger Durst, bedeutendes Hitzegefühl mit Schweiss, Nachts trotz grosser Ermattung sehr gestörter und unruhiger Schlaf.

Der Arzt benützt zu seinen exacten Temperaturbestimmungen das Quecksilberthermometer. Da es von grösstem Werthe für ihn ist, absolute Werthangaben für die Temperatur zu erhalten, so muss sein Thermometer genau auf seine Richtigkeit geprüft sein. An einem thauenden Tage im Frühjahr hat der schmelzende Schnee die Temperatur von 0^0, es ist also leicht, diesen fixen Punct zu bestimmen. Es zeigt sich sehr häufig, dass bei gut gemachten Thermometern der Nullpunct etwas zu tief oder zu hoch angegeben ist. Die Thermometer werden dadurch für absolute Angaben nicht unbrauchbar. Man zieht nur von dem gefundenen Werthe soviel ab, als der falschen Lage des Nullpunctes entspricht. Steht der wahre Nullpunct des Thermometers z. B. auf $1,5^0$C., so hat man $1,5^0$ von allen Zahlenangaben des Thermometers, um absolute Werthe zu erhalten, abzuziehen. Die physikalischen Anstalten in fast allen Städten (Gewerbe- und Realschulen etc.) geben dem Arzte auch hinreichend Gelegenheit, sein Instrument ganz genau prüfen zu lassen. Die Firma der Thermometerfabrik giebt durchaus noch keinen genügenden Schutz, da z. B. die Veränderung des Nullpunctes ein physikalisch nothwendiges Phänomen ist.

Das Thermometer soll den Nullpunct angeben, keine Papierscala, sondern eine Glasscala haben und kleinere Unterabtheilungen von Graden noch direct ablesen lassen. Ist jeder Grad in $0,2^0$ getheilt, so lässt sich $0,1^0$ noch schätzen. Die ärztlichen Thermometer brauchen nicht höher als 50^0 C. zu gehen. Je kleiner, desto handlicher. Eine kleinere Quecksilberkugel erhöht die Raschheit und Sicherheit der Messung.

Die erste Bedingung der Temperaturmessung ist natürlich die, dass das angewendete Verfahren nicht selbst die Temperatur des Theiles verändert, dessen Temperatur man messen will. Diese Gefahr ist am grössten bei Messung der Wärme an der Körperoberfläche. Bringt man die Thermometer auf die Haut und umgiebt diese mit einem schlechten Wärmeleiter, so steigt natürlich durch den gehinderten Wärmeabfluss die Temperatur der Hautstelle. Es scheint nur mit thermoelektrischen Apparaten diese Temperatur genau bestimmbar zu sein, da man dieselben so klein machen kann, dass die durch sie gesetzte Störung des Wärmeabflusses verschwindend genug wird. Es entziehen sich diese Beobachtungen dadurch der ärztlichen Praxis.

Bedient man sich eines Quecksilberthermometers, so ist die erste unerlässliche Bedingung, dass die Thermometerkugel wirklich die Temperatur des zu messenden Theiles annimmt. So lange die Temperaturunterschiede zwischen Thermometer und Körper gross sind, geht die Erwärmung des ersteren rasch, sie wird aber immer langsamer, jemehr sich die Temperaturen ausgleichen. Es braucht also ziemlich lang, ehe das Thermometer wirklich die Temperatur richtig anzeigt: niemals ist das unter 15 Minuten der Fall, auch nach dieser Zeit sieht man aber meist noch ein geringes Ansteigen. Die Messung ist erst dann vollendet: w e n n d a s T h e r m o m e t e r i n n e r h a l b 5 M i n u t e n n i c h t m e h r m e r k l i c h g e s t i e g e n i s t.

Die Functionen der Kleider.

Dieser Abschnitt der Wärmelehre des menschlichen Organismus hat erst in der neuesten Zeit eine seiner Wichtigkeit entsprechende Untersuchung von Seite v. Pettenkofer's gefunden, der wir uns hier anschliessen.

Der Werth der Kleidung für Physiologie und praktische Medicin springt sogleich in die Augen, wenn wir bedenken, dass durch die Umhüllung die Functionen der natürlichen Körperoberfläche wenigstens theilweise übernommen werden.

Der Hauptzweck der Kleidung besteht darin, den Wärmeabfluss aus unserem Körper, für dessen Regulirung wir im Körper selbst gelegene, unwillkürlich thätige Einrichtungen kennen gelernt haben, auch willkürlich zu modificiren. Der Werth der Kleidung steigt für den Menschen mit der abnehmenden Mitteltemperatur des Klimas, in welchem er lebt.

Die Natur hat den Menschen nicht wie die Thiere in eine dickere Schichte die Wärme schlecht leitender Stoffe (Federn, Haare) eingehüllt. Die Kleider haben dem Menschen diesen nur scheinbaren Mangel zu ersetzen, der ihn befähigt, indem er die Kleidung der Temperatur anpasst, den Kampf mit den atmosphärischen Einflüssen aller Zonen zu bestehen. Die Mitteltemperaturen in welchen der Neger und der Eskimo leben, unterscheiden sich um 43°C., ohne dass die Bluttemperatur beider verschieden wäre.

Die Kleider haben verschiedene Aufgaben zu erfüllen.

Die eine besteht darin, durch Leitung die Körpertemperatur auf andere schlechtleitende Stoffe zu übertragen, welche dann die Wärmeabgabe an die Luft an ihrer Oberfläche an Stelle der Haut übernehmen. Die Stoffe müssen schlechte Wärmeleiter sein, damit sie die ihnen übertragene Wärme nicht zu rasch wieder abgeben. Es überziehen den Menschen die Kleider gleichsam

mit einer zweiten Haut. Seine empfindliche, nervenreiche Hautoberfläche, welche jede Temperaturveränderung mit dem unangenehmen Gefühle des Frostes beantwortet, erkältet sich bei richtig gewählter Kleidung, wie das Thermometer ergiebt, niemals unter 24 bis 30° C. Bei dieser hohen Temperatur fühlen wir uns wohl, zum Beweise, dass der Mensch eigentlich für ein heisses Klima geboren ist. In seinen Kleidern trägt er das für sein Wohlbefinden erforderliche Klima bis zu den arktischen Regionen. Die Wärmeabgabe findet bei dem bekleideten Menschen an der äusseren Oberfläche der Kleider statt. Diese erkaltet, während die innere, die den Körper direct berührt, stets hoch temperirt bleibt. Von diesem Erkalten der Kleideroberfläche spürt die Haut Nichts, die Kleider übernehmen, könnte man sagen, das Frieren für sie. Dasselbe ist der Fall bei der Wärmeabgabe behaarter oder befiederter Thiere, oder bei dem Menschen am behaarten Kopfe. Da hier die Haut auch mit schlechten Wärmeleitern umgeben ist, welche nervenlos sind, so findet die Abkühlung unempfunden an der Oberfläche jener statt.

Ist die Temperaturdifferenz zwischen Haut und Luft sehr bedeutend, so ziehen wir noch einen zweiten oder dritten Ueberzug über die Haut: Hemd, Rock, Ueberrock, um die Wärmeabgabe noch weiter von der Hautoberfläche wegzuverlegen.

Das wichtigste Erforderniss für die wissenschaftlich richtige Wahl der Kleidung und der Kleidungsstoffe würde eine Bestimmung über die verschiedene Wärmeleitungsfähigkeit derselben sein; leider haben wir derartige Bestimmungen noch nicht.

Dagegen hat Pettenkofer Untersuchungen darüber angestellt, wie sich die am meisten zur Kleidung benützten Stoffe, Leinwand und Flanell (Schafwolle) der Wasseraufnahme und Wasserverdunstung gegenüber verhalten. Es stellte sich vor allem heraus, dass das gleiche Gewicht an Schafwolle in feuchter Luft fast doppelt soviel Wasser in sich aufnahm als die Leinwand, die erste ist also etwa doppelt so stark hygroskopisch als die letztere. Noch wichtiger ist es, dass die Leinwand unter den gleichen Verhältnissen sehr viel rascher ihr hygroskopisch aufgesaugtes Wasser verliert als der Flanell; der Flanell trocknet auch äusserlich mit Wasser befeuchtet weit langsamer als die Leinwand.

Ohne Zweifel haben wir hier in dem Verhalten der beiden Stoffe der Feuchtigkeit gegenüber einen Erklärungsgrund, warum die Praxis unter Umständen Leinwand oder Wolle als Kleidung wählt. Wir wissen, dass die Verdunstung der feuchten Fläche, von der sie stattfindet, sehr rasch eine bedeutende Wärmemenge entzieht; je rascher die Verdunstung stattfindet, desto rascher und plötzlicher ist der Wärmeverlust, desto eingreifender werden also auch seine etwaigen physiologischen Wirkungen sein. Schweiss an sich wird nicht zur Krankheitsursache, wenn seine Verdunstung nicht zu rasch erfolgt, dagegen sehen wir, wenn einem Schwitzenden z. B. bei Zug und Wind durch die rapide Verdunstung sehr rasch Wärme entzogen wird, den Schweiss als Krankheits-, Erkältungsursache auftreten. Die Kleider saugen die wässerigen Hautabscheidungen in sich, die Verdunstung findet zumeist an der Kleideroberfläche statt. Geht die Verdunstung sehr rasch vor sich, so wird sie sich selbstverständlich auch der Haut als Erkältung fühlbar machen. So verstehen wir, warum die Wolle auf dem blosen Leibe getragen vor Erkältung schützt, sie trocknet, da sie sehr hy-

groskopisch ist, die Hautoberfläche, verlegt dadurch die Verdunstung möglichst weit von dieser weg und vertheilt den durch die Wasserverdunstung erfolgenden Wärmeverlust auf eine möglichst grosse Zeit, sodass er in jedem einzelnen Zeitabschnitt einen bestimmten kleinen Werth nicht überschreitet. Der Haut wird so der Wärmeverlust möglichst unfühlbar gemacht. Dagegen wissen wir, dass die leinenen Kleider, so wie sie z. B. durch Schweiss feucht sind, das Gefühl der Kälte hervorbringen,. während die wollenen bei mässiger Feuchtigkeit wärmer zu werden scheinen. Der Grund, warum Leinwand erkältet, liegt zweifelsohne in der nachgewiesenen rascheren Wasserabgabe. Da sie weniger hygroskopisch ist als Wolle, so bleibt bei stärkerem Schwitzen die Haut unter ihr nass, es kann dann direct an der Hautoberfläche auch eine Verdunstung mit Wärmeverlust stattfinden. Wo es uns also darauf ankommt unsere Wärme möglichst rasch loszubringen z. B. im Sommer, da werden sich leinene Stoffe als Kleidung empfehlen. Jeder, welcher leicht in Schweiss geräth wird aber wohlthuen, sich gerade in heissen Zeiten und Klimaten mit Flanell zu umhüllen (wollene Unterkleider), um sich bei Temperaturwechseln und unvermuthetem Winde oder Zuge nicht der so gefährlichen Erkrankungsursache der Erkältung auszusetzen.

Eine weitere Aufgabe der Kleidung besteht darin, die Luftbewegung an unserer Hautoberfläche soweit zu mässigen, dass sie keine Empfindung in unseren Hautnerven mehr hervorbringt. Hier stimmt die Aufgabe der Kleider und Wohnräume überein. In dieser Beziehung ist das Zelt nichts Anderes als ein grosser Mantel, in den wir uns ganz verkriechen können, der Mantel ist ein Haus, das wir wie die Schnecke das ihrige auf unseren Schultern mit uns umhertragen.

Bei der Frage nach der Lufterneuerung in unseren Wohnungen haben wir schon davon gesprochen, dass wir den Körper eines im Freien befindlichen Menschen uns wie jeden anderen feuchten Körper der Luft gegenüber zu denken haben. Je rascher die Luft an feuchten Stoffen vorbeizieht, desto rascher geht die Verdunstung vor sich, um so rascher wird einem warmen Körper seine Temperatur entzogen. Ein heisses Eisen in Wasser gesteckt kühlt weit rascher ab, wenn das Wasser, das ihm Wärme entzieht, bewegt wird, als wenn es ruhig bleibt; den Hausfrauen ist die Thatsache geläufig, dass die Wäsche im Winde weit rascher trocknet als bei ruhiger Luft und sonst gleichen äusseren Verhältnissen. Der Grund für die raschere Abkühlung durch ein bewegtes kühlendes Medium liegt darin, dass die Wärmeabgabe um so rascher erfolgt, je grösser die Temperaturdifferenz ist, zwischen den beiden, ihre Temperatur ausgleichenden Körpern. Die an der Oberfläche des warmen Körpers hinstreichende Luft erwärmt sich. Würde sie hier stagniren, so würde im nächsten Moment die Wärmeabgabe vom Körper an sie geringer werden müssen, endlich ganz aufhören, wenn die Luft die Temperatur des Körpers definitiv angenommen hätte. Wird die Luft rasch bewegt, so kommen immer neue kalte Lufttheilchen mit der Wärmequelle in Berührung, die Wärmeabgabe erfolgt sonach sehr rasch. Ein an sich auch warmer Wind oder Luftzug kann uns also erkälten. Der Erkältungsgrund wird geringer, wenn die Luftbewegung an unserem Körper geringer wird. Die Luftbewegung entzieht unserem Körper aber nicht allein direct Wärme, weil letzterer wärmer ist als erstere; sie erkältet ihn auch

wie wir wissen durch Wasserverdunstung. Auch dieser Vorgang steigt mit der steigenden Luftgeschwindigkeit, da die an dem feuchten Körper hinstreichenden Lufttheilchen, die sich in ihm mit Wasserdampf beladen haben, sogleich wieder durch neue ersetzt werden, deren Wasseraufnahmsfähigkeit noch nicht geschwächt ist. Auch die Wasserverdunstung geht natürlich um so rascher je grösser die Differenz zwischen dem Wassergehalt des feuchten Stoffes und dem der Luft ist, bei ganz trockener Luft ist sie am stärksten.

Wir dürfen dieses Moment in der Wirksamkeit unserer Kleider nicht überschätzen. Es kommt durchaus nicht darauf an, eine ruhende Luftschichte um unsere Hautoberfläche her zu erzeugen; es handelt sich nur darum, die Luftbewegung so weit zu mässigen, dass unsere Haut keine Empfindung mehr von ihr hat, was schon bei einer Geschwindigkeit von $1\frac{1}{2}$—2 Fuss in der Secunde erreicht ist, (wobei wir im Freien volle Windstille annehmen), und andererseits der Luft bei ihrem Vorbeiziehen an dem Körper Zeit zu lassen, sich gehörig zu erwärmen, sodass auch von Kälte kein Gefühl entsteht. Mit feinen Instrumenten (Anemometern) kann man wirklich in den Kleidern einen aufsteigenden Luftstrom nachweisen, der mit Abnahme der äusseren Temperatur an Stärke zunimmt. Trotz dieser sichtbaren Bewegung erreicht, wie schon gesagt, die Luft innerhalb der Kleider eine Temperatur von 24—30° C.

Die Undurchdringlichkeit der Kleider für Luft, welche eine möglichste Beschränkung des Luftstromes in den Kleidern erzeugen würde, ist so wenig Erforderniss für das Warmhalten, dass wir bei einigen Stoffen sogar deutlich sehen können, dass sie dann, wenn sie künstlich luftdicht gemacht sind, z. B. Leder, feuchte Leinwand, nicht mehr zum Warmhalten tauglich sind.

Pettenkofer's Versuche lehren, dass die Durchdringlichkeit für Luft keinen Maassstab für die Fähigkeit, warmzuhalten abgeben kann. Sie ergeben, dass ein Kleid luftig und doch warm zu sein vermag, und dass es hiebei viel mehr auf die Wärmeleitungsfähigkeit und die Unterschiede in der Wasserverdunstung des Stoffes als auf das Mehr oder Weniger Luft, welches es durchlässt, ankommt. Nach directen Bestimmungen ordnen sich die Stoffe nach ihrer Luftdurchgängigkeit in folgende Reihe, wenn wir die Luftmenge, welche gleichgrosse Stücke Zeug, in gleicher Zeit unter gleichem Druck durch sich hindurchtreten lassen, als Maassstab dafür annehmen.

Flanell	10,41	Liter.
Buckskin	6,07	,,
Leinwand	6,03	,,
Sämisches Handschuhleder . . .	5,37	,,
Seidenzeug	4,14	,,
Weissgares Handschuhleder . . .	0,15	,,

Trotz des Unterschiedes im Warmhalten lassen Leinwand und Buckskin gleichviel Luft in derselben Zeit durchtreten. Die sämischen, waschledernen Handschuhe halten warm, während man in den kaum für Luft durchgängigen weissgaren, glanzledernen Handschuhen friert.

Nimmt man eine doppelte Lage Zeug, so sinkt dadurch das Durchlassungsvermögen für Luft nur unbedeutend. Watte, die sehr warm hält, verlangsamt den Luftstrom ebenfalls kaum merklich. Dagegen wird die Durchgängigkeit für Luft durch Befeuchtung sogleich unterbrochen. Wir wissen was daraus

für ein ungemein lästiges Gefühl entsteht. Offenbar haben wir es bei letzterem um eine Behinderung der normalen Ausdünstung zu thuen, der Körper befindet sich in einem analogen Zustande wie bei lackirten Thieren. Durch Einnähen in Kautschuck können dieselben Störungen in den Leberfunctionen eintreten als durch Unterdrückung der Hautfunctionen durch Ueberstreichen mit einem undurchgängigen Firniss. Daher rührt auch die Belästigung, die wir bei sogenannten Mackintosh-Röcken aus Kautschuckzeug empfinden.

Dem Schlusse seiner Untersuchung, der wir im Vorstehenden gefolgt sind, fügt Pettenkofer noch eine lehrreiche Betrachtung über die Wirkung nasser Füsse an, die in Beziehung auf diese zur grössten Vorsicht ermahnen muss. Wenn wir uns im Freien nasse Füsse zugezogen haben, so beginnt, so wie wir in ein warmes Zimmer mit trockener Luft kommen, eine bedeutende Verdunstung. Wenn man an der Fussbekleidung nur 3 Loth Wolle durchnässt hat, so erfordert das Wasser darin so viel Wärme zu seiner Verdunstung, dass man damit $1/2$ Pfund Wasser von 0^0 zum Sieden erhitzen oder mehr als $1/2$ Pfund Eis schmelzen könnte. So gleichgiltig manche Menschen gegen durchnässte Füsse sind, so sehr würden sie sich sträuben, wenn man ihre Füsse zum Erhitzen einer der Verdunstungskälte äquivalenten Menge Wasser oder zum Schmelzen einer äquivalenten Menge Eis verwenden wollte, und doch thuen sie im Grunde ganz das Gleiche, wenn sie ein Wechseln der Fussbekleidung verschmähen!

Die Sommerkleider eines Mannes wiegen etwa nach jetziger Mode 5 bis 6 Pfund, die einer Dame 6 bis $6^1/_2$. Die Winterkleider beider Geschlechter bei etwa 0^0 äusserer Temperatur wiegen 12 bis 14 Pfund.

Eine nähere Aufzählung der durch zu enge und unzweckmässig geformte Kleider: Schnürbrüste, Rockbänder, Fussbekleidung etc. etc. gesetzten Störungen würde zu weit führen. Der Einfluss der Kleiderfarben auf die Wärme derselben, vielfältig an Wichtigkeit überschätzt, ist allgemein bekannt. Die Wirkung des Bettes, eines der nöthigsten Kleidungsstücke des Gesunden wie Kranken ist noch nicht untersucht.

Die Heizung.

Wenn im Winter bei dem Aufenthalte in den Wohnräumen, die Kleidungsstücke nicht mehr ausreichen, das behagliche Gefühl von Wärme hervorzubringen, suchen wir dieses durch Heizung zu erreichen. Auch sie hat physiologische Bedeutung.

Wir frieren in einem Zimmer nicht nur weil die Luft in ihm kalt ist, welche unseren Körper direct umgiebt, sondern auch darum, weil wir durch die schlecht leitende Luft durch Wärmestrahlung gegen kalte im Zimmer befindliche Gegenstände Wärme verlieren. Es kann in einem rasch geheizten Zimmer die Luft einen hohen, sogar unangenehm hohen Wärmegrad besitzen, wir frösteln aber, wenn die Wände, Meubles etc. noch nicht durchwärmt sind, sie entziehen uns Wärme, die wir gegen sie ausstrahlen.

Von einer richtigen Heizung verlangen wir also eine Durchwärmung des gesammten Wohnraumes und seines Inhaltes. Die Temperatur eines geheizten Zimmers sollte nicht über 14—15^0 C. steigen. Die Luft darf durch die Heizung nicht zu trocken werden, da sie uns sonst durch Wasserverdunstung zu viel Wärme entzieht. Mit dem länger fortgesetzten Heizen trocknen die Wohnungen: Wände, Fussboden, Meubles etc. mehr und mehr aus, die Luft in den geheizten Zimmern ist gegen Ende des Winters trockner als am Anfang, sie ent-

zieht uns dann entsprechend mehr Feuchtigkeit, wir bedürfen deswegen einer höheren Temperatur, um uns wohl zu befinden, was also nicht etwa von einer eintretenden Gewöhnung an höhere Lufttemperaturen während des Winters herrührt.

Als Brennmaterial werden vor allem die verschiedenen Holzarten, dann Torf, Steinkohlen, Braunkohlen und die destillirten Holz- und Steinkohlen, die Koak's, fast reine Kohle, benützt.

Es ist einleuchtend, dass es bei dem Werthe des Brennmaterials vor allem darauf ankommt, wie viel wirklich zur Heizung verwendbarer Stoff in einem bestimmten Gewichte der verschiedenen Brennstoffe vorhanden ist. Letztere sind darin sehr verschieden; der Geldwerth regulirt sich beinahe instinctiv danach.

Der brennbare Stoff im Brennmaterial ist überall primär die Holzfaser als deren Umwandelungsproduct der Torf und die Steinkohle anzusehen ist. In dieser Hinsicht ist die Zusammensetzung der als Brennmaterialien verwendeten Holzarten wenig verschieden. Die Zusammensetzung der reinen Holzfaser im Vergleich mit der der Holzarten, der Torfsorten und Kohlen ist für einige hervorragende Fälle folgender:

	Kohlenstoff	Wasserstoff	Sauerstoff
reine Holzfaser	52,65	5,25	42,10
Ahorn (Acer campestre)	49,80	6,13	43,89
Eiche (Quercus Robur)	49,43	6,07	44,50
Fichte (Pinus picea)	49,94	6,25	43,81
Kiefer (Pinus sylvestris)	49,50	6,48	44,02
Linde (Tilia europaea)	49,41	6,86	43,73
Tanne (Pinus abies)	49,95	6,41	43,55
Torf (drei Sorten) I.	57,03	5,63	31,76
II.	58,09	6,93	31,37
III.	57,79	6,11	30,77
Braunkohle	70,49	5,59	18,93
Steinkohle I.	73,88	2,76	20,47
II.	87,85	4,90	4,28

Der Sauerstoff reicht in der reinen Holzfaser eben hin um mit dem Wasserstoff Wasser zu bilden, letzterer kommt also (siehe oben) für die Verbrennung nicht in Betracht. Dagegen nimmt der Sauerstoff schon in den Holzarten etwas gegen den Wasserstoff ab, noch mehr wird dieses im Torfe, am meisten bei den guten Sorten der Steinkohlen deutlich, welche sehr arm an Sauerstoff sind.

Aus den mitgetheilten Elementaranalysen lassen sich die Brennwerthe im speciellen Falle nicht mit genügender Sicherheit einfach berechnen. Wir bedürfen dafür noch die Bestimmung der nicht verbrennlichen Bestandtheile derselben: der Asche und des Wassers, nicht nur durch sein Gewicht sondern auch noch durch die zu seiner Verdunstung nöthige Wärmemenge den Brennwerth einer gewogenen Menge Materiales sehr bedeutend herabsetzen kann.

Aschengehalt und Wassergehalt sind in den Brennstoffen sehr verschieden.

Bei den Holzarten beträgt die Asche (Salze der Alkalien und Erden) etwa $^1/_{30}$ — $^1/_{70}$ des verbrannten Holzes. Bei dem Torf schwankt der Aschengehalt (phosphorsaure und schwefelsaure Salze, Thonerde, Kalk, Eisenoxyd, und sehr viel Kieselerde bis 41%, es fehlen die kohlensauren Alkalien) zwischen 1% und 30%, bei den Kohlen sogar von 1,5% bis 59% (Lignit von Orsberg bei Bonn nach Karsten). Der den Steinkohlen häufig in grösserer Menge beigemengte Schwefelkies setzt den Werth der Kohlen herab. Die entstehenden Verbrennungsproducte des Schwefels (schwefelige Säure vor allem) greift nicht nur die eisernen Heizapparate (Dampfkessel, Rost etc.) an, sie belästigt auch in hohem Grade die Athemorgane bei bem Aufenthalt in einem mit schlechten Kohlen geheizten Raum. Der unangenehme Geruch bei der Torfheizung rührt von den bei dem Erhitzen erstehenden ammoniakalischen Dämpfen her, die einem schwankenden Stickgehalt des Torfes entstammen.

Das frischgefällte Holz enthält sehr verschiedene Mengen an Wasser, meist das sogenannte weiche Holz mehr als das harte. Letzteres zeichnet sich vor ersterem durch sein derberes Gefüge, etwas geringeren Aschengehalt und höheres specifisches Gewicht aus.

Frisch gefällt fanden sich in 100 Gewichtstheilen Holz (Schübler und Hartig):

Hainbuche	18,6 %	Wasser,
Ahorn	27,0 %	,,
Birke	30,8 %	,,
Eiche	34,7 %	,,
Weisstanne	37,1 %	,,
Kiefer	39,7 %	,,
Linde	47,1 %	,,
Ital. Pappel	48,2 %	,,
Lärche	48,6 %	,,
Baumweide	50,6 %	,,
Schwarzpappel . .	51,8 %	,,

Auch vollkommen lufttrocken enthalten sie noch eine beträchtliche Wassermenge. Die 10 bis 12 Monate der Luft ausgesetzten Brennhölzer enthalten immer noch 20 bis 25 % Wasser, sodass man also in einem Centner nur 75 bis 80 Pfund Brennmaterial besitzt. Das Flössholz soll (?) einen etwas geringeren Brennwerth besitzen als das nicht geflösste, woher diese Verminderung stammt, da das was den Brennwerth im Holze bedingt im Wasser nicht löslich ist, bleibt unverständlich. Sogenanntes »verstocktes« Holz, das lange feucht gelegen, hat nur noch einen sehr geringen Brennwerth. Die chemische Analyse zeigt nur wenig Veränderung. Die frisch gegrabenen Kohlen sind mit Grubenwasser durchtränkt, sie enthalten bis fast zur Hälfte ihres Gewichtes Wasser (43 bis 48 %). Die trockenen, längere Zeit der Luft ausgesetzten Kohlen enthalten noch 20 bis 29 % Wasser. Die im Grubenwasser gelösten Substanzen sind es, welche die an sich sehr geringe Aschenmenge der Steinkohle auf eine bedeutende Höhe heben können. Auch die Braunkohlen enthalten wie der Torf schwankende Mengen an Stickstoff: 0,5 bis 1,55 %, welche natürlich auch riechende (ammoniakalische) Verbrennungsproducte erzeugen. Auch der Wassergehalt des Torfes schwankt in sehr weiten Grenzen. Das poröse Gefüge erlaubt dem Torf, wie ein Schwamm Wasser aufzusaugen, man kann durch Pressen das Wasser aus dem Torf ziemlich reichlich entfernen.

Der hessische Gewerbsverein hat den Wirkungswerth von Holz, Steinkohlen und Torf untersucht. Man fand, dass im Durchschnitt 1 Pfund 2 Jahre gefälltes Buchenscheitholz 2,075, 1 Pfund beste Steinkohlen 5,201 Pfund, dagegen 1 Pfund Torf nur 1,992 Pfund Wasser von 0° bei der gleichen Feuerung verdampfen. Diese Zahlen geben das Verhältniss des Brennwerthes dieser Stoffe direct an. Der Centner Steinkohlen darf mehr als das Doppelte im Preise höher sein als der Centner Buchenholz, um noch mit Vortheil gebrannt zu werden.

Der eigenthümliche Verwesungsprocess der Holzfaser, wie er zur Bildung des Torfes und der fossilen Kohle führt, geht mit einer Verarmung derselben vor allem an Sauerstoff einher. Indem bei diesem Vorgange Wasser und geringe Mengen von Kohlensäure aus dem chemischen Atomcomplex ausscheiden, bleibt schliesslich ein immer kohlestoff- (und wasserstoff-) reicherer Rest zurück. Es wird dadurch der Brennwerth für das gleiche Gewicht natürlich entsprechend gehoben. Dasselbe, die Concentrirung des eigentlichen Brennstoffes, sucht man durch die Kohlenbereitung in Meilern aus Holz, durch die Koaksdestillation aus Steinkohlen zu erreichen. Bei der Kohlendestillation entweicht mit den übrigen Destillationsproducten, die theilweise einen bedeutenden technischen Werth besitzen, auch der Schwefel.

Man stellt sich gewöhnlich vor, dass die Verbrennung des Holzes und der anderen Brennmaterialien in einer directen Verbindung ihrer Elemente mit dem Sauerstoff der Luft bestünde. Diese Annahme ist vollkommen irrig. Es werden bei der Verbrennung zuerst, ehe die Elemente aus dem Sauerstoff zusammentreten, durch die alleinige Einwirkung der

Hitze die Brennmaterialien chemisch zersetzt; ein nicht unbeträchtlicher Theil der Elemente verbindet sich zu den flüchtigen Producten der sogenannten trockenen (ohne Sauerstoffzutritt stattfindenden) Destillation. Erst wenn sich diese flüchtigen Stoffe entwickelt haben, fallen sie der Verbrennung anheim. Der Process der Holzverbrennung hat als erstes Stadium eine Gasbereitung aus dem Holz (resp. den Kohlen), welche ganz der Leuchtgasbereitung entspricht, erst dieses brennbare Gas fällt der Verbrennung anheim, wir sehen daher die Flamme das brennende Holz wenigstens zu Anfang nur umschweben. Die Gase bestehen vor allem aus Grubengas $C_2 H_4$ und ölbildendem Gase $C_4 H_4$, dieselben Stoffe, die wir in dem Leuchtgase finden. Dabei verdampft das Wasser und absorbirt eine oft nicht unbeträchtliche Wärmemenge, welche bei technischer Heizung sogar hinderlich sein kann gewisse hohe Temperaturen zu erreichen, sodass dazu die Anwendung von reinen Holzkohlen oder Koaks erforderlich wird. Bei der trockenen Holzdestillation entsteht ausser diesen Gasen noch Essigsäure und Holzgeist und eine Reihe anderer wasserstoffreicher, den ätherischen Oelen analoger Körper unter denen das Paraffin für die Beleuchtung vor allen Anwendung findet und das Kreosot, die Karbolsäure, welche wir als Desinfectionsmittel der Fäcalstoffe kennen gelernt haben. Nachdem diese Destillation vorüber ist, in welcher sich alles Wasser und der Wasserstoff zumeist an Kohlenstoff gebunden entwickelte, bleibt die fast reine nur noch aschehaltige Kohle zurück, welche nun mit Sauerstoff sich primär zu dem flüchtigen Kohlenoxydgas verbindet, das die Kohlengluth mit bläulicher Flamme zu Kohlensäure verbrennend umspielt. Ist der Sauerstoffzutritt (nach geschlossener Ofenklappe, durch allzugrosse Ueberfüllung des Ofens mit Brennmaterial etc.) zur glühenden Kohle gehemmt, so entweicht ein grösserer Theil des gebildeten Kohlenoxydes unverbrannt und kann so Anlass zu der bekannten schrecklichen Vergiftung mit Kohlendunst oder Kohlendampf werden.

Die Einrichtung der Oefen, um mit möglichster Ersparniss den Raum zu heizen, ist eine rein technische Frage, einige Anhaltspuncte ergeben sich jedoch von selbst. Vor allem besteht die Heizung in einer Erwärmung der dem Ofen aus dem Zimmer zuströmenden Luft. Die im Ofen erwärmte Luft sollte den Zimmerraum nicht eher verlassen, als bis sie ihm möglichst die aufgenommene Wärme wieder abgegeben hat; die Temperatur im Abzugsrohre ausserhalb des Zimmers im Kamine sollte wenigstens nie 100° C. übersteigen. Es ist klar, dass von diesem Gesichtspuncte die Ofenheizung der Kaminheizung vorzuziehen ist, für letztere sprechen dagegen Annehmlichkeits- so wie Schönheitsrücksichten, die so bedeutend sind, dass die offene Kaminheizung, welche meist nur durch Wärmestrahlung des Feuers selbst erwärmt und mehr den Abzugskamin als das Zimmer heizt, in England, Frankreich und Italien die Ofenheizung noch immer verdrängt.

Das offene Feuer zu dem ein hörbarer Luftzug stattfindet, hat die Meinung verbreitet, dass die offenen Feuer die besten Ventilatoren seien.

Pettenkofer hat durch Versuche nachgewiesen, dass ein solches Feuer im höchsten Falle nur 90 Cubikfuss Luft in der Stunde zuführt, meist schwankt die Luftmenge zwischen 40 bis 90 Cubikfuss. Da ein Mensch für genügende Ventilation stündlich 60 Cubikfuss Luft bedarf, so genügt die Ofenventilation nur für ein einziges Individuum.

Bei der Construction der Oefen, welche eine constante Temperatur im Zimmer verbreiten sollen, darf man die Grösse desselben nicht vernachlässigen. Das Material des Ofens muss möglichst viel Wärme in sich aufzunehmen vermögen, um möglichst lange als Wärmequelle fungiren zu können. Oefen aus Thon werden länger vorhalten als eiserne, da das Eisen eine so sehr viel geringere Wärmecapacität als der Thon besitzt.

Man unterscheidet von der Ofenheizung noch die besonders in Treibhäusern angewendete Canalheizung. Die im Ofen erwärmte Luft wird durch Blechröhren durch den zu heizenden Raum geleitet, sie geben an die Canäle ihre Wärme ab, diese dienen dann eigentlich als Wärmequelle für den umgebenden Raum. Die im Canal befindliche Luft entweicht erkaltet in den Kamin. Die Röhren, die sich an den Oefen besonders an den eisernen angebracht finden, haben selbstverständlich dieselbe Bedeutung.

Der Name Luftheizung ist nur unbestimmt, da ja alle Heizung auf Erwärmung der Luft abzielt. Man unterscheidet in neuerer Zeit zwei Arten dieser Luftheizung. Bei der ersteren Art sucht man die Wärmeabgabe des Ofens durch Strahlung möglichst zu vermeiden. Der Ofen ist mit einem ungefähr 6 Zoll vom Ofen abstehenden Mantel von Thon oder Blech umgeben. Der Mantel ist oben offen und hat unten viele Oeffnungen zum Lufteintritt. Die am Ofen erwärmte Luft strömt oben aus dem Mantel ab, die kühlere Zimmerluft zieht unten durch die Oeffnungen dafür in den Mantelraum ein. So entsteht eine Luftcirculation im Zimmer, welche eine möglichst gleichmässige Wärmevertheilung erzeugt. Die Blechhüllen dieser Mantelöfen bestehen aus zwei parallelen Blechlagen, zwischen welche ein möglichst schlechter Wärmeleiter z. B. Asche eingeschichtet ist.

Die zweite Art der Luftheizung stellt sich die Aufgabe die Erwärmung der Luft ausserhalb des zu heizenden Raumes vorzunehmen. Der Ofen steht zu diesem Zwecke in einer kleinen Kammer: dem Heizraume, welcher ganz dem Mantelraume der Mantelöfen entspricht. In ganz anologer Weise wie dort wird diesem Heizraume die untere kältere Zimmerluft zugeführt und von dort erwärmt den oberen Zimmerregionen wieder übergeben. Zu diesem Zwecke führt ein Abzugsrohr an dem Fussboden des Zimmers die kältere Luft in den Boden des Heizraumes, an der oberen Wölbung desselben befindet sich ein anderes Rohr, welches in der Nähe der Decke des zu heizenden Zimmers ausmündet. Die kältere Luft des Zimmers strömt durch die untere Röhre in den heissen Heizraum, erwärmt sich hier, steigt durch die zweite obere Röhre wieder in das Zimmer zurück. Es entsteht dadurch selbstverständlich eine Luftcirculation wie bei dem Mantelofen, wodurch eine gleichmässige Erwärmung des Raumes ermöglicht wird. Die Luftheizung trocknet stärker, wie andere Heizungsarten, die Luft der Zimmer nach und nach so bedeutend aus, dass die zu trockene Luft den längeren Anfenthalt zum Wohnen unangenehm macht. Das Aufhängen eines feuchten Schwammes in der Heizröhre und ähnliche Mittel reichen (Pettenkofer) nicht hin, die Luft genügend mit Feuchtigkeit zu versehen. Die Trockenheit der Luft wird sich wie bei jeder Heizungsart natürlich nach längerer Heizzeit z. B. gegen Ende des Winters, wenn die Wände, Meubles etc. durch die trockene Luft ihr meistes Wasser verloren haben, deutlicher fühlbar machen. Es eignet sich darum die Luftheizung nicht für Wohnzimmer. In Räumen, die wie Theater und Concertsäle in einer grossen Menge Wasser ausathmender Personen und Flammen ergiebigen Wasserzufluss zur Luft besitzen, ist dagegen die Luftheizung anzuwenden. Diese Art der Luftheizung wird am häufigsten zum Zwecke der gleichzeitigen Heizung und Ventilation der Wohnräume benützt. Man saugt dazu die Luft aus dem zu heizenden Raume unten ab und lässt sie ins Freie entweichen, während man frische Luft aus dem Freien unten in den Heizraum eintreten und erwärmt durch die Röhre an der Kuppel des Heizraumes in das Zimmer einströmen lässt.

In der Wasserheizung wird die Wärme der Feuerung direct dem Wasser mitgetheilt, welches sich durch Bleiröhren in dem zu heizenden Raume verbreitet und hier an die Luft die Wärme abgiebt. Diese Wasserröhren bilden von einem direct geheizten Kessel ausgehend ein in sich geschlossenes Röhrensystem. Das im Kessel erwärmte Wasser steigt nach oben und geht in ein senkrecht bis zur höchsten Höhe des zu heizenden Raumes aufsteigendes Rohr über, welches in vielfachen Schlangenwindungen zum Heizkessel zurückführt. Das leichtere erwärmte Wasser wird in der Steigröhre stets in die Höhe steigen, das in dem Schlangenrohre erkaltete wieder in den Kessel zurückfliessen, von wo aus es neu erwärmt seine Circulation wieder beginnt. Es ist klar, dass stets etwas Wasserdampf verloren gehen wird; es muss also Wasser von Zeit zu Zeit neu in die Röhren gefüllt werden.

Anhang. Beleuchtung. Eine Gasflamme, welche in einer Stunde $4\frac{1}{2}$ Cubikfuss Gas verzehrt, bedarf (Knudsen) in derselben Zeit einer Zufuhr von 9 Cubikfuss Sauerstoff, also einer Zufuhr von 45 Cubikfuss atmosphärischer Luft. Die Leuchtkraft dieser Gasflamme ist gleich der von 24 Talgkerzen (6 Stück aufs Pfund); der Luftconsum dieser 24 Talgkerzen ist doppelt so gross als der der Gasflamme.

II. Arbeitsleistung der Knochen, Muskeln und Nerven.

Achtzehntes Capitel.

Das Skelet und seine Bewegungen.

Die Maschine des menschlichen Körpers.

Der menschliche Organismus ist eine Bewegungs- und Kraftmaschine, die sich in Betreff iher Leistungen: z. B. Fortbewegen und Heben von Lasten vollkommen mit den Bewegungs- und Kraftmaschinen unserer Mechanik vor allem mit den Dampfmaschinen vergleichen lässt. Ebenso ist es mit den thierischen Organismen.

Die Kraftmaschinen der Mechanik sind erfunden zum Ersatz für thierische Leistungen. Die Bezeichnung: »Pferdekraft« für die Leistungseinheit der Maschine zeigt dies noch jetzt zur Genüge.

Die Arbeitsleistungsfähigkeit der verschiedenen thierischen Maschinen ist ziemlich ungleich. Unter den zur Arbeit verwendeten thierischen Organismen besitzt das Pferd die höchste Arbeitskraft. Unter einer Pferdekraft versteht die Mechanik das Kraftquantum, welches aufgewendet werden muss, um 750 Kilogrammen 1 Decimeter hoch in 1 Secunde zu heben.

Nimmt man eine ohne Nachtheil für des arbeitenden Individuum's Gesundheit zu ertragende Thätigkeit an, die grösstmöglichen Leistungen unter den vortheilhaftesten Bedingungen, und eine Arbeitszeit von acht Stunden, so ergeben sich für die am häufigsten an Stelle von Maschinen zur Arbeit verwendeten animalen Organismen: den Menschen, das Pferd, den Ochsen, Maulesel und Esel verschiedene Arbeitsgrössen, welche F. Redtenbacher in die folgende Tabelle zusammenstellt.

Als Einheit der Arbeitsgrösse ist dabei das Kilogrammeter angenommen: diejenige Kraft, welche 1 Kilogramm in 1 Secunde 1 Meter hoch zu heben vermag. In der Tabelle sind die verschiedenen Bedingungen, unter denen die Arbeitsleistung gewöhnlich erfolgt, neben einander berücksichtigt. In sehr vielen Fällen nämlich sehen wir die thierische und menschliche Arbeitskraft zur Bewegung von Arbeitsmaschinen: Kurbel, Göppel, Hebel, Tretrad verwendet, sodass demnach noch eine Uebertragung der rohen, animalen Arbeits-

kraft auf die Maschine stattfindet, welche jene erst dem bestimmten, angestrebten Zweck dienstbar macht. Die Tabelle lehrt uns, dass den oberflächlichen Anschauungen entgegen, durch die Uebertragung der animalen Arbeitskraft vermittelst Maschinen, die Grösse der Leistungen herabgesetzt wird. Eine nähere Betrachtung lässt dies als natürlich erscheinen, da die Arbeitsmaschinen zu ihrem eigenen Ingangsetzen eine bestimmte durchaus nicht verschwindende Kraftmenge bedürfen, die selbstverständlich in der Gesammtsumme der Arbeitsleistung verschwinden wird. Nur bei dem Tretrade mit 24° Ansteigung sind die Bedingungen der Uebertragung für den Menschen so günstig, dass sogar eine etwas höhere Leistung durch dasselbe als ohne Maschine resultirt. Der Mensch arbeitet hier mit seinem Gesammtkörper, was sonst niemals stattfindet.

Tabelle der animalen Arbeitsleistung,
Arbeitszeit: 8 Stunden.

		Kilogrammeter in 8 Stunden:
1. Mensch, im Mittel 70 Kgr. schwer, arbeitet:	ohne Maschine	316800
,, ...	am Hebel . .	158400
,, ...	an der Kurbel	184320
,, ...	am Göppel . .	207360
,, ...	am Tretrad . .	241920
,, ...	24° Ansteigen am Tretrad . .	345600
2. Pferd, im Mittel 280 Kgr. schwer, arbeitet:	ohne Maschine	2102400
,, ...	am Göppel . .	1152000
3. Ochs, im Mittel 280 Kgr. schwer, arbeitet:	ohne Maschine	1382400
,, ...	am Göppel . .	1123200
4. Maulesel, im Mittel 230 Kgr. schwer, arbeitet:	ohne Maschine	1497600
,, ...	am Göppel . .	777600
5. Esel, im Mittel 168 Kgr. schwer, arbeitet: . .	ohne Maschine	864000
,, ...	am Göppel . .	316800

In der Weise, in welcher in der vorstehenden Tabelle die Arbeitsleistungen zusammengestellt sind, lassen sie sich nicht direct vergleichen.

Die arbeitenden Organismen sind in ihrem Körpergewicht sehr bedeutend verschieden, wir müssen, um ihre Leistungen auf ein gemeinsames Maass zurückzuführen, ihre verschiedene Körpermasse auf ein gleiches Gewicht reduciren, und auf dieses die geleistete Arbeit berechnen. Man wählt zu derartigen Vergleichungen die Gewichtseinheit: das Kilogramm; wir berechnen seine Leistungen in Kilogrammeter für eine Secunde nach der mitgetheilten Tabelle. Es ergiebt sich daraus folgende Reihe:

1 Kgr.	Mensch	arbeitet in	1	Secunde	ohne Maschine:	0,157 Kgrm.
1 ,,	Ochs	,, ,,	1	,,	,,	0,172 ,,
1 ,,	Esel	,, ,,	1	,,	,,	0,178 ,,
1 ,,	Maulesel	,, ,,	1	,,	,,	0,222 ,,
1 ,,	Pferd	,, ,,	1	,,	,,	0,261 ,,

Die Reihe macht ersichtlich, dass der Mensch im Verhältnisse zu seinem Körpergewichte die geringste Summe von Arbeit zu leisten vermag. Auch

wenn wir jene höchste Arbeitsleistung im Tretrade von 24° Ansteigen unserer Vergleichung zu Grunde legen, so wird dadurch dieses Resultat nicht geändert. Die Arbeitsgrösse berechnet sich dann für dieselben Verhältnisse wie oben auf: 0,171 Kgrm.

Der Mechanismus der Bewegung und Arbeitsleistung des menschlichen und thierischen Körpers ist von den Maschinen unserer Mechanik, die zum Ersatz derselben zur Ortsbewegung von Lasten gebaut werden, wie z. B. die Locomotiven, in Beziehung auf Vollkommenheit der Einrichtungen noch durchaus nicht erreicht. Es liesse sich wohl denken, dass einst die Mechanik in Anwendung der am Thiere erkannten Mechanismen der Ortsbewegung vollkommenere Locomotiven zu bauen im Stande sein würde. Es wäre diess dann nicht der erste Fall, in welchem die Mechanik an den mechanischen Einrichtungen der Organismen lernte. Es ist bekannt, dass in Euler die Betrachtung des menschlichen Auges den Gedanken erweckte, es müsse möglich sein, achromatische, das Licht nicht zerstreuende Fernröhre zusammen zu setzen. Dolland brachte diese Nachahmung des menschlichen Auges wirklich zu Stande.

Die Maschine des menschlichen Organismus zerfällt wie alle Kraftmaschinen in zwei getrennte Hauptthcile: in ein System passiv bewegter Maschinentheile, welche die Richtung der Bewegung, die Art und Weise der Uebertragung des rohen Kraftvorrathes bestimmen, und in die activ bewegenden Theile, in denen die Kraft der Bewegung erzeugt wird, welche die durch sie bewegten Hebelvorrichtungen zur Arbeit nach aussen verwenden.

Schon das Material, welches die Natur zur Herstellung der passiv bewegten Maschinentheile verwendet, zeigt jene hohe Vollkommenheit, welche eben erwähnt wurde.

Die Mechanik verwendet zu dem gleichen Zwecke vor allem Metall, Stein und Holz.

Die Natur bedient sich eines Materiales, welches die Vorzüge der genannten in sich vereinigt: der Knochensubstanz. Sie besitzt durch ihre erdigen Bestandtheile die Festigkeit des Steines, die Beimischung von organischem Stoffe ertheilt ihr die Elasticität der Metalle.

Mikroskopischer Bau der Skeletbestandtheile.

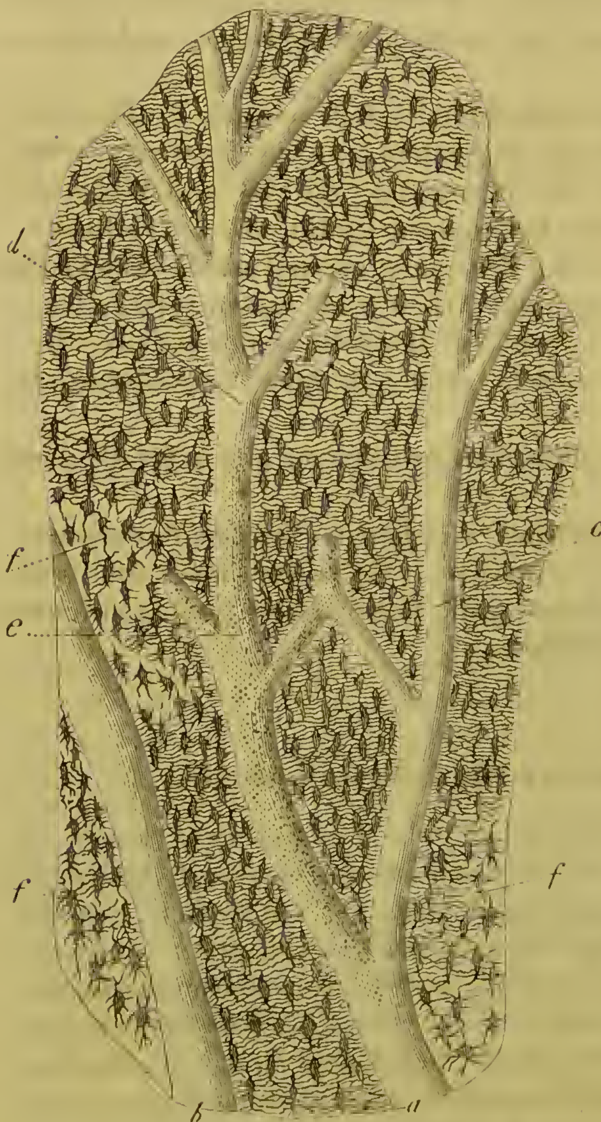
Das Knochengewebe entsteht im Leibe des Embryo nicht primär, es ist stets ein Umwandlungsproduct, welches sich aus verwandten Gewebsarten dem Knorpel- und lockigem Bindegewebe bildet. Die rundlichen, ringsgeschlossenen Zellen des Knorpels, die zackigen Bindegewebszellen verändern sich dabei zu den Knochenkörperchen, welche in netzförmiger Verbindung die homogene Grundmasse, Zwischenzellenmasse der Knochensubstanz, in welche die erdigen Knochenbestandtheile eingelagert sind, durchziehen. Die Anatomen unterscheiden nach der Festigkeit des Knochengefüges: compacte und schwammige Knochen. Bei den ersteren ist das Gewebe eine fest zusammenhängende Masse; bei den zweiten umschliessen Balken und Platten von Knochensubstanz zahlreiche, unter einander communicirende

Hohlräume. Die Mittelstücke der langen Röhrenknochen zeigen sich aus compacter Substanz bestehend, die Gelenkenden (Epiphysen) dagegen aus spongiöser Substanz. Wie letztere auch die kurzen unregelmässigen Knochen, welche nur äusserlich von einer Schale aus compacter Substanz (Glastafel) umgeben sind.

Das feine Canalsystem im Knochen, in welches die Knochenzellen eingebettet sind, und welches in offener Communication mit den den ganzen Knochen durchziehenden, vielverzweigten und mit einander verbundenen weiteren Canälchen, Havers'schen Canälchen, für die Aufnahme der Blutgefässe des Knochens bestimmt, geben den feinen Knochendurchschnitten und Schliffen ein sehr ansprechendes Aussehen.

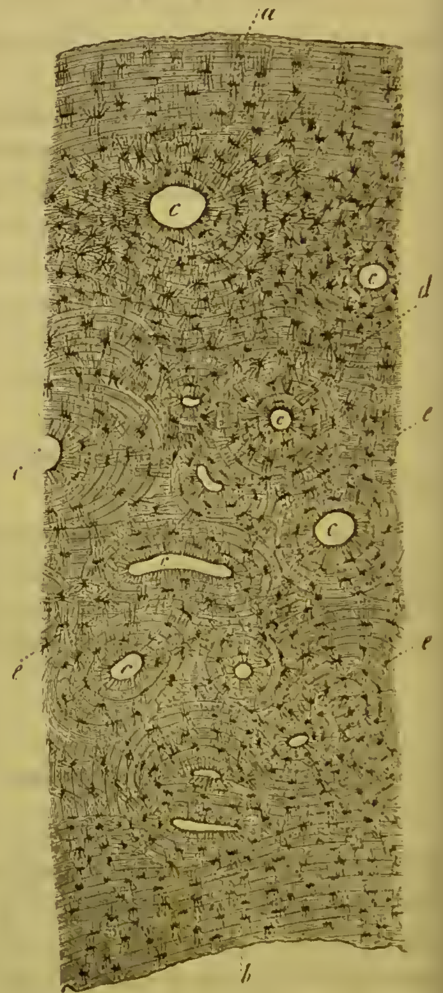
Die Gestalt und den Verlauf der Havers'schen Canälchen kann man am besten auf Längsschliffen der Knochensubstanz beobachten. Sie durchsetzen

Fig. 129. (*F.*)



Senkrechter Schnitt durch eine menschliche Phalange. Bei *a* und *b* zwei Markcanäle mit den Aesten *c* und *d*; bei *e* die Ausmündung der Kalkcanälchen in Form von Pünctchen; bei *f* die Knochenzellen mit Luft erfüllt.

Fig. 130. (*K.*)



Segment eines Querschliffes von einem menschlichen Metacarpus mit concentrirtem Terpentinöl behandelt. 90 mal vergr. *a*. Aeussere Oberfläche des Knochens mit den äussern Grundlamellen. *b*. Innere Oberfläche gegen die Markhöhle mit den inneren Lamellen. *c*. Havers'sche Canälchen im Querschnitt mit ihren Lamellensystemen. *d*. Interstitielle Lamellen. *e*. Knochenhöhlen und ihre Ausläufer.

den ganzen Knochen von dem Oberfläche desselben unter dem Periost an, wo sie offen münden, bis zur inneren Markhöhle. Sie sind weiter oder enger und ihre Verzweigungen entsprechen den Blutgefässtheilungen, wie wir sie auch sonst in anderen Geweben antreffen (Fig. 128.). Auf dem Querschnitt des Knochens erscheinen sie als ovale oder runde Löcher, zum Beweise, dass die Verlaufsrichtung der Gefässe im Knochen vor allem der Längsaxe derselben folgt. In den kurzen und spongiösen Knochen ist der Verlauf der HAVERS'schen Canälchen nicht so regelmässig, doch halten sie auch meist vorwiegend eine gemeinschaftliche Richtung in ihrem Verlaufe ein.

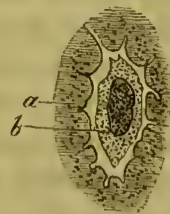
Das Knochengewebe zwischen den HAVERS'schen Gängen besitzt, wie sich namentlich auf Querschliffen zeigt, einen deutlich geschichteten Bau (Fig. 130.). Ein Theil dieser Schichten umkreist regelmässig die HAVERS'schen Canälchen, ein anderes Lamellensystem beginnt von der grossen Markhöhle und durchsetzt in concentrischen Schichten die ganze Knochendicke, freilich vielfältig von den Lamellenschichten der HAVERS'schen Canälchen unterbrochen, um unter dem Periost in ganz regelmässiger Schichtung (Beinhautlamelle) zu erscheinen. Auch diese Schichtungen werden selbstverständlich nur bei den compacten Knochen deutlich und regelmässig sein können.

Die Knochensubstanz selbst ist ziemlich undurchsichtig, nach VALENTIN's Angabe doppelt-lichtbrechend. Ihre regelmässige Schichtung in Lamellen rührt her von ihrer schichtweisen Ablagerung von der Beinhaut aus. Von letzterer aus senken sich senkrecht auf die Knochenlamellen meist noch unverkalkte Fasern in die Knochensubstanz ein: SHARPEY'sche F a s e r n.

Die K n o c h e n z e l l e n, welche in sehr grosser Anzahl in der Knochensubstanz sich vorfinden, liegen eingebettet in jenes schon erwähnte feine, vielverzweigte Canalnetz, dessen feine Gänge den Namen K a l k c a n ä l c h e n führen. An den Stellen, wo die Knochenzellen eingebettet liegen, sind in dem feinen Kalkcanälchennetz linsenförmig gestaltete Knotenpuncte: die K n o c h e n h ö h l e n (0,008—0,025‴ lang und 0,003—0,006‴ breit). Ihre Längenaxe läuft der Aussenfläche der Lamellen parallel. Die Ausläufer der Knochenhöhlen haben nur einen Durchmesser von 0,0006—0,0008‴. An getrockneten Knochen kann man den Zusammenhang der Knochenhöhlen unter sich und mit den HAVERS'schen Canälchen am leichtesten überblicken. GERLACH gelang es das Canalnetz mit gefärbter Masse zu injieiren.

In den Knochenhöhlen, deren Wandschichte etwas compacter zu sein scheint als die übrige Knochensubstanz, liegt die eigentliche Knochenzelle, die sich nach GERLACH's Methode der Karminfärbung am besten erkennen lässt. FREY beschreibt sie von der Gestalt der Knochenhöhle, unbestimmt länglich, bisweilen mit kurzen gegen die Mündung der Kalkcanälchen gerichteten Fortsätzen, ohne eigentliche Zellenmembran mit einem länglichen Kerne (Fig. 131.).

Fig. 131. (*F.*)



Knochenzelle aus dem frischen Siebbein der Maus mit Karmin tingirt.

Aeusserlich ist der Knochen von einer bindegewebigen Haut, dem P e r i o s t e, der Beinhaut eingehüllt, welche sehr gefässreich ist, und mit dem Knochen vor allem durch die gemeinschaftlichen Blutgefässe, Nerven und sehnige Streifen (SHARPEY'schen Fasern) verbunden ist. Zwischen

der Beinhaut und dem Knochen findet sich (Ollier) eine Schichte, welche dicht stehende, rundliche Zellen enthält, von welcher das Knochenwachsthum so wie Knochenneubildung ausgeht: (Blastème sous-périostale).

Die weiteren Höhlungen zwischen der festen Knochensubstanz sind abgesehen von den Blutgefässen und Nerven von dem Knochenmarke ausgefüllt, von dem man nach dem Aussehen: gelbes und rothes unterscheidet. Die Farbenverschiedenheit rührt von dem grösseren oder geringeren Gehalt an Fett her, letzterer ist in dem Marke der Röhrenknochen am bedeutendsten. Das Fett findet sich in Fettzellen abgelagert. Robin lehrte in dem Knochenmarke zellige Elemente kennen: kleine, rundliche Zellen mit fein granulirtem Inhalte und scharf begrenztem Kerne, dann grosse Zellen von unregelmässiger glatter Gestalt mit einer grossen Anzahl von Kernen (6—10). Ausserdem ist das Mark von vielen Blutgefässen, Bindegewebe und Ernährungsflüssigkeit durchzogen. Es enthält auch Nerven, welche in ziemlicher Anzahl in allen Knochen nachgewiesen wurden.

Die Bänder, welche die Knochen unter einander verbinden, sind entweder weiss und glänzend und bestehen dann vor allem aus lockigem Bindegewebe, oder sie haben ein strohgelbes Aussehen und sind dann vor allem aus elastischem Gewebe zusammengesetzt (Ligamenta flava, das L. nuchae), letztere zeigen nur eine minimale Beimischung von Bindegewebe. Kommt die Verbindung der Knochen durch Knorpel zu Stande, so dient dazu entweder ächter, hyaliner Knorpel (Rippenknorpel, Gelenkknorpel) oder Faserknorpel (Synchondrosen, Ligamenta intervertebralia). Bei fast allen Gelenken sind die Knochenenden mit Hyalinknorpel überzogen, nur das Kiefergelenk zeigt einen faserknorpeligen Ueberzug. Der Knorpel ist gefässlos.

Die Synovialkapseln, welche die Gelenkenden mit einander verbinden, bestehen aus Bindegewebe, das zahlreiche Gefässe und Nerven besitzt, die innere Oberfläche ist mit einem Plattenepithel ausgekleidet, welches bei Erwachsenen an dem Rande der Gelenkknorpel aufhört. In die Gelenkhöhle ragen als röthliche Fortsätze Falten und Wucherungen der Synovialkapsel, durchzogen mit zahlreichen Blutgefässchen. Dergleichen Anhänge können durch Vergrösserung und Abreissen von ihrem Stiele Anlass zur Bildung der freien, bindegewebigen Knorpel in den Gelenken, den sogenannten Gelenkmäusen werden. Die Gelenkhöhle ist mit einer hellen, dicklichen, blassgelben Flüssigkeit erfüllt, die normal keine Formbestandtheile erkennen lässt.

Die Entwickelung des Knochens findet wie gesagt im Fötalzustande theils aus Bindegewebe theils aus Knorpel statt. Die Wirbelsäule, Rippen, Brustbein, Extremitätenknochen, die Knochen der Schädelbasis sind knorpelig vorgebildet, alle anderen entstehen aus einer bindegewebigen Grundlage. Im gefässlosen Knorpel beginnt die Verknöcherung mit der Vermehrung und dem Aestigwerden der Zellen und dem Auftreten von Blutgefässen. Die Ossification erfolgt, indem sich in die Intercellularsubstanz die den Knochen charakterisirenden Kalksalze ablagern. Die Stelle, an welcher diese Ablagerung zuerst erfolgt, wird hart, weiss, undurchsichtig und man bezeichnet sie als Ossificationscentrum, Verknöcherungspunct. Die grösseren Markräume entstehen durch Auflösung (Resorption) schon fertiger Knochensubstanz. Stets geht aus der ursprünglichen Knorpelanlage nur die Substantia spongiosa

hervor. Die Entwickelung der compacten Knochensubstanz erfolgt dagegen durch Verknöcherung von Bindegewebe; bei dem Wachsthum der Knochen verknöchert stets die innerste Periostlage, wodurch der schichtweise Bau der Knochen entsteht. Die strahligen Bindegewebszellen werden direct zu Knochenkörperchen. Die Verlängerung der Röhrenknochen scheint vor allem auf Wucherung des Knorpels der Epiphysen zu beruhen, der neugebildete Knorpel verknöchert in der Folge.

Chemische und physikalische Lebenseigenschaften der Skeletbestandtheile.

Die Knochensubstanz besteht aus einem elastischen, von Wasser durchtränkten, leimgebenden Grundgewebe, chemisch aus leimgebender Substanz bestehend, in diese sind Kalksalze: überwiegend viel dreibasisch phosphorsauerer Kalk mit wenig kohlensauerem Kalke und phosphorsauerer Magnesia incrustirt, welche dem Gewebe einen hohen Grad von Steifigkeit und Festigkeit verleihen. Es ist klar, dass die physikalischen Eigenschaften: die Festigkeit und Federkraft der Knochenmasse wechseln muss mit ihrer chemischen Zusammensetzung. Durch die neuen, sehr umfangreichen Untersuchungen Zalesky's ist die ältere Behauptung sicher erwiesen, dass die Knochensubstanz eine constante chemische Verbindung von unorganischen Stoffen bei allen Thieren, in allen Lebensaltern etc. sei. Die organischen Stoffe betragen (beim Menschen): 34,6 pCt.

die organischen: 65,4 ,,

letztere bestehen aus:

PO_5. 3 Mg O: 1,0392

PO_5. 3 Ca O: 83,8886

Ca O an CO_2, Cl, Fl gebunden: 7,6475.

Vergleichende chemische Untersuchungen haben ergeben (Bibra, Lehmann), dass der Gehalt der Knochenmasse an erdigen, feuerfesten Bestandtheilen in den gleichnamigen Knochen im Alter verschiedener Individuen entsprechend der verschiedenen Arbeitsfähigkeit bis zum kräftigen Mannesalter steigt, um von da an wieder zu fallen. So betrugen z. B. bei einem Kinde von $^3/_4$ Jahren die erdigen Knochenbestandtheile des Femur 56,4 pCt., bei einem 25 jährigen Manne 69,0 pCt., bei einem 78 jährigen Weibe: 66,8 pCt., Die untersuchte Knochenmasse war getrocknet, der Rest bestand also allein aus trockener leimgebender Substanz. Nach den Untersuchungen von Wertheim nimmt in Uebereinstimmung mit diesen Ergebnissen der chemischen Analyse die Festigkeit der Knochen mit dem zunehmenden Alter ab.

Den einzelnen Knochen, welche das mechanische Gerüste des menschlichen Körpers zusammensetzen, werden in dem Haushalte des Organismus verschieden grosse Kraftleistungen zugemuthet, welche einen verschiedenen Grad von Festigkeit voraussetzen. Die Rippen und das Brustbein sind offenbar viel geringerem Drucke ausgesetzt und bedürfen, um den ihnen übertragenen mechanischen Leistungen zu genügen, einer geringeren Festigkeit als der Oberarm- oder Oberschenkelknochen, die so vielfältig als starre Hebel ver-

wendet werden. Diesen Verschiedenheiten in den Anforderungen von Seite des Organismus an die Festigkeit der einzelnen Knochen entspricht ein verschiedener Gehalt an Knochenerde, auf deren Anwesenheit die genannte Eigenschaft der Knochen beruht. Nach den Untersuchungen von Bibra enthält das Oberarmbein 60 pCt., das Brustbein 51 pCt. Knochenerde. Die übrigen Knochen ordnen sich dazu in folgender Reihe: Humerus, Femur, Tibia, Fibula, Ulna, Radius, Metacarpus, Os occipitis, Clavicula, Scapula, Costa, Os ilium, Vertebrae, Sternum.

Ausser der chemischen Zusammensetzung muss auf die physikalischen Eigenschaften der Knochen offenbar auch noch ihr verschiedener Bau von Einfluss sein. Je nach der Anzahl und Grösse der vorhandenen Markcanälchen und Knochenhöhlen wird die Festigkeit und Federkraft ab- und zunehmen. Wir erkennen auch hier dem Zwecke des einzelnen Knochens entsprechende Verhältnisse.

Ueberall sehen wir von der Natur die Eigenschaften des verwendeten Materiales dem Einzelzwecke vollkommen angepasst.

Wir sehen das Leben stets mit einem Wechsel, mit Oxydationen der chemischen Bestandtheile der belebten Organismen und Organe verbunden. Man könnte auf den Gedanken verfallen, dass diese starren, steinähnlichen Massen, die Knochen dem chemischen Wechselverkehr des Lebens entzogen seien. Bis zu einem gewissen Grade ist diese Annahme wirklich gerechtfertigt. Jene anorganischen Stoffe des Knochens, welche mehr als die Hälfte seiner gesammten trockenen Masse ausmachen, sind alle höchstoxydirte Verbindungen, eine Aufnahme von Sauerstoff in ihre Zusammensetzung und damit ein Antheilnehmen desselben an den Kräfte erzeugenden organischen Vorgängen findet nicht mehr statt, die betreffenden Kalkverbindungen besitzen einen vollkommen anorganischen Charakter, sie stehen somit ausserhalb der im übrigen Organismus beständig vor sich gehenden Stoffumänderungen.

Anders ist es mit der organischen Grundsubstanz der Knochen, die schon durch ihren Bau aus jenen strahlig sich verästelnden und mit einander communicirenden Zellen, den Knochenkörperchen, welche in die Zwischenmaterie sich eingelagert finden, durch die reichlichen Blutgefässe, die sie durchziehen, durch die in sie eintretenden Nerven sich als hineingezogen in die allgemeinen Lebensvorgänge ausweist.

Pathologische und experimentell-physiologische Erfahrungen beweisen, dass die Lebenserscheinungen im Knochen ziemlich lebhafter Natur sind. Bei Knochenbrüchen findet eine Neubildung der Knochensubstanz vom Periost aus statt, welcher Vorgang schliesslich die Wiedervereinigung der getrennten Knochentheile, die Heilung der Fractur herbeiführt. Fütterungsversuche mit dem rothen Farbstoffe des Krapp, durch welchen die Knochen roth gefärbt werden, scheinen sogar dafür zu sprechen, dass beständig ein Neuwachsthum der Knochensubstanz vom Periost aus stattfindet, während die an die Markhöhle grenzenden Knochenpartieen aufgelöst werden.

Auch der anorganische Theil der Knochen wird wenigstens in so fern in die Lebensvorgänge hineingezogen, als auch er einen beständigen Verbrauch, Auflösen und einer eben so beständigen Erneuerung unterliegt. Bei Mangel

an Kalksalzen in der Nahrung sehen wir die Knochen nach und nach erweichen; umgekehrt wird die Knochenbildung bei knochenschwachen Kindern und bei Knochenbrüchen nach ärztlichen Erfahrungen durch Kalkzusatz zur Nahrung befördert. Die Möglichkeit der Lösung und des Wiederersatzes der phosphorsaueren Kalkerde wird durch die Albuminate und zwar vorzüglich des Caseïn gegeben, welche diesen wichtigen chemischen Stoff dadurch, dass sie sich mit ihm verbinden, in den alkalischen Säften: Blut und Lymphe löslich machen.

Zur Bildung der glatten Oberflächen der Gelenkenden, zur Verbindung der einzelnen Skeletstücke untereinander, findet sich ein von der Knochensubstanz wesentlich verschiedenes Gewebe: das Knorpelgewebe verwendet, welches sich durch besondere Biegsamkeit und Zähigkeit auszeichnet.

Es enthält nur eine sehr geringe Menge anorganischer Bestandtheile, etwa 2—7 Proc. (Bibra). Seine übrige Masse besteht aus einer Art vom leimgebender Substanz: dem Chondrin, das noch mit ziemlich viel Wasser, zwischen 30 und 46 Proc. aufgequollen ist.

Die Lebenserscheinungen innerhalb des Knorpels sind nur äusserst gering. Die weit von einander liegenden, abgeschlossenen, durch Zwischenmaterie getrennten Knorpelzellen, der Mangel an Blutgefässen, erklärt dies zur Genüge. Niemals heilt eine Knorpelwunde durch neugebildete Knorpelsubstanz, es bildet sich nur eine bindegewebige Narbe. Es ist dies auffallend, da der Knorpel zu den Formbestandtheilen gehört, welche in pathologischen Neubildungen entstehen können.

Der Zusammenhalt der einzelnen Skeletstücke wird durch einen eigenen Bandapparat vermittelt, welcher die zusammengehörigen Knochenenden, die Gelenke, mit häutigen, dicht anliegenden Kapseln umschliesst, deren Festigkeit noch durch eigene, seitlich oder im Inneren der Gelenke befindliche Bänder verstärkt wird. Zur Herstellung dieses Verbindungsapparates findet sich das elastische und Bindegewebe benützt, welches sich dazu durch seine grosse Festigkeit besonders eignet, die mit einer grossen Dehnbarkeit bei niederen, mit einer grossen Steifigkeit bei höheren Spannungsgraden verbunden ist. Da das Bindegewebe der Träger der Blutgefässe ist, so vermittelt es überall den Zutritt der ernährenden Gefässe zu den umschlossenen Gebilden. Wo besondere Festigkeit mit Elasticität gepaart nothwendig wird, geht es jenen Härtungsprocess seiner Grundsubstanz ein, der zur Bildung der elastischen Membranen und Bänder führt.

Aus diesen Geweben: dem Knochen-, Knorpel- und Bindegewebe ist der passiv bewegte Theil der Maschine des menschlichen Körpers zusammengesetzt.

Die Gelenke.

Ein Theil des Skeletes ist durch mehr weniger unbeweglich mit einander verbundene Knochen gebildet, so dass wir ihn für unsere Betrachtungen als fest ansehen dürfen: die Knochen des Rumpfes. An diesen sind die

eigentlich zur Bewegung dienenden Knochen der Extremitäten beweglich eingelenkt. Uns interessirt hier nur die Verbindungsweise der Extremitätenknochen unter sich und mit dem Rumpfe, da wir nur die Bewegungsmöglichkeit ins Auge zu fassen haben.

Die Verbindungen der Bewegungsapparate sind im Allgemeinen nach sehr einfachem Principe construirt. Zwei Knochen stossen mit freien Endflächen aneinander; um die Berührungsflächen zieht sich eine häutige Kapsel, die mit dem einen Ende an dem einen, mit dem anderen an dem zweiten der beweglich mit einander verbundenen Knochen und zwar am Rande ihrer Berührungsflächen angeheftet ist. So entsteht an den Berührungsflächen eine vollständig geschlossene Höhle: die Gelenkkapsel. Die Wände dieser Höhle sind vollkommen glatt, ebenso die mit einem Knorpelüberzuge versehenen Gelenkenden, sie werden durch eine Eiweiss-, Fett- und Mucinhaltige Flüssigkeit mit vielen zerfallenden Zellen und etwa 95 pCt. Wasser: die Gelenkschmiere schlüpfrig erhalten.

Der Ausdruck Höhle für das Innere der Gelenkkapsel ist im strengen Wortsinn falsch, insofern diese vollkommen von ihrem Inhalte ausgefüllt ist. Die kleinen, etwa zwischen den Gelenkenden entstehenden Lücken, werden vollkommen noch durch die Gelenkflüssigkeit ausgefüllt. Da gleichzeitig bei allen Gelenken ein vollkommener Luftabschluss existirt, so werden durch den Luftdruck schon allein die Gelenkenden und die Gelenkkapsel fest aneinander angedrückt, sodass sie unter normalen Bedingungen, solange die Gelenkkapsel nicht zerrissen ist, nicht von einander weichen können. Allen Bewegungen der Knochenenden aneinander folgt die Gelenkflüssigkeit und die Membran der Gelenkkapsel, sodass niemals ein hohler, leerer Raum in der Gelenkhöhle entstehen kann. Diese Verbindungsweise ist äusserst zweckentsprechend, indem sie den Zusammenhalt der Gelenkenden der Knochen ohne Aufwand von mechanischer Kraft möglich macht. Die Wirkung des Luftdruckes, der dem Entstehen eines leeren Raumes in den Gelenkkapseln entgegen wirkt, ist so bedeutend, dass sie nicht nur der Schwere der eingelenkten Glieder das Gleichgewicht hält, sondern dass sie noch überdies die Knochen mit einer gewissen, geringen Kraft aneinander drückt.

Wir verdanken diese Kenntniss der Luftdruckwirkung in den Gelenken den Untersuchungen der Gebrüder Eduard und Wilhelm Weber. So wird z. B. der Gelenkkopf des Oberschenkels mit grosser Kraft in der Pfanne festgehalten; sobald man aber die Gelenkpfanne vom Becken aus anbohrt und damit der Luft freien Zutritt gestattet, so sinkt der Gelenkkopf aus der Pfanne heraus. Durch die Einrichtung, dass die Wirkung des Luftdruckes ziemlich genau durch das Gewicht des an dem Gelenke hängenden Gliedes äquilibrirt ist, können sich die Gelenkflächen fast ohne Reibung aneinander bewegen, das Bein kann in seiner Gelenkpfanne vollkommene Pendelschwingungen ausführen.

Unter diesen Bedingungen ist es nothwendig für ausgiebigere Bewegungen, dass die eine Gelenkfläche genau der Abdruck der anderen sei; bei den Bewegungen schleifen oder gleiten diese aneinander hin.

Alle im menschlichen Körper sich findenden Gelenke, welche eine grössere Beweglichkeit zeigen, sind durch das Zusammenstossen sogenannter Rotationsflächen, oder vielmehr Stücke von solchen, gebildet, die man sich

bekanntlich entstanden denken kann durch Umdrehung einer beliebigen Curve um eine mit ihr fest verbundene gerade Linie. So entsteht z. B. der Cylinder, dessen Schema sich bei den Gelenken verwendet findet, bei den sogenannten Scharniergelenken, dadurch, dass sich eine gerade Linie um eine mit ihr parallele, in derselben Ebene gelegene Linie dreht. Die Abgussfläche des Cylinders, in die er bei der Bildung der Gelenke hineingesenkt ist, kann natürlich auf dieselbe Weise gleichzeitig entstanden gedacht werden, wenn wir uns vorstellen, dass die gedrehte Linie den Cylinder aus einer weichen Masse herausschneidet, wobei zugleich der Cylinder und sein Abguss hervorgebracht wird. Aus diesem Bilde wird am leichtesten durch unmittelbare Anschauung klar, wie bei zusammenstossenden Rotationsflächen z. B. in den Gelenken nur solche Bewegungen vorkommen können, die in einer Drehung um die Axe der Rotationsfläche bestehen, wenn eine Entfernung der aneinander schleifenden Flächen nicht möglich ist.

Danach wären die Bewegungen in den Gelenken sehr beschränkt, je nach der Form der zusammenstossenden Gelenkflächen; die Natur ertheilt ihren Gelenken dadurch eine grössere und mannichfaltigere Beweglichkeit als die Mechanik, dass sie bei allen ihren mechanischen Einrichtungen sich nicht an geometrische Strenge der Ausführung bindet. Ein Scharniergelenk, das nur Bewegung in einer Richtung zulassen sollte, konnte sonach auch in anderen Richtungen eine wenn auch beschränkte Beweglichkeit erhalten. Es entstehen so die: gemischten Gelenke der Anatomie.

Am freiesten ist die Beweglichkeit derjenigen Gelenke, bei denen die zusammenstossenden Flächen Abschnitte ein und derselben Kugel sind; der eine Knochen besitzt eine convexe, der andere eine concave Gelenkfläche, welche genau auf einander passen wie bei dem Hüftgelenke, dem Schultergelenke. Diese Gelenke zeigen im Gegensatz zu den anderen Gelenken, welche nur eine Bewegung nach bestimmter Richtung gestatten, eine allseitige Beweglichkeit. Vor allen sonstigen Rotationsflächen ist nämlich die Kugel, — sie ist entstanden, indem sich ein Halbkreis um seine Axe, diese als feststehende Linie gedacht, dreht —, dadurch ausgezeichnet, dass sie mit ihrem als festgestellt gedachten Abguss (der Gelenkpfanne) in allseitiger Berührung bleibt, nicht nur bei der Drehung um eine bestimmte Axe, sondern bei der Drehung um jede beliebige Linie als Axe, welche durch den Mittelpunct der Kugel geht. Jede Axe der Kugel kann als Drehungsaxe verwendet werden. Bei den Bewegungen solcher concaver und convexer Kugelflächen aneinander bleibt nur der Mittelpunct der Kugel unbeweglich, bei den Bewegungen des Cylinders in einem Cylinderausschnitte ist es eine Linie, die Cylinderaxe, welche als ruhend bei dem Aneinanderschleifen gedacht werden muss. Die Gelenke mit Kugelflächen können sonach alle Bewegungen ausführen, bei denen der Mittelpunct der Kugelflächen unbewegt bleibt.

Der Bau der Extremitätengerüste.

Die so verbundenen Knochen stellen alle Hebel dar, durch deren Bewegung in bestimmten Richtungen Lasten gehoben, gestützt oder geschoben etc. werden können.

Die oberen und unteren Extremitäten zeigen in ihrem Baue eine unverkennbare Analogie. Doch finden sich Modificationen, welche ihren verschiedenartigen Zwecken entsprechen. Während die Beine als feste Tragsäulen des Rumpfes oder zur Ortsbewegung desselben dienen sollen, haben die Arme die Aufgabe des Ergreifens, Festhaltens, Abwehrens äusserer Objecte von dem Gesammtkörper. Wir werden demnach die Beine in ihrer Structur fester, in ihren Bewegungen stabiler erwarten dürfen als die Arme, die eine geringere Festigkeit, dagegen eine grössere Beweglichkeit für ihre mannichfaltigen Verrichtungen verlangen.

Das Armgerüste ist ein gegliederter Stab, welcher mit dem Rumpfe durch das freieste Gelenk des ganzen Körpers, durch das Schultergelenk zusammenhängt. Die Beweglichkeit des Schultergelenkes beruht vor allem darauf, dass es ein sogenanntes Kugelgelenk ist, das aber insofern hier eine Besonderheit zeigt, als der Gelenkkopf zwar den grössten Theil einer Kugelfläche darstellt, die Pfanne aber nur ein sehr kleines Stück der entsprechenden Halbkugel. So wird also durch den knöchernen Theil des Gelenkes die Beweglichkeit fast gar nicht beschränkt, wie es der Fall wäre, wenn die Pfanne als starre Knochenkapsel den grössten Theil des Gelenkkopfes, wie bei den Nussgelenken der Mechanik, umgreifen würde. Das Festhalten des Armes in seinem Schultergelenke ist dem Luftdrucke mit Hülfe der umschliessenden dehnbaren Kapsel übertragen. So kann also eine Drehung des Armes in diesem Gelenke nach allen Richtungen um den Mittelpunct der Kugelgelenkfläche stattfinden.

Die beiden Hauptabschnitte des Stabes — Ober- und Unterarm — sind durch ein Scharniergelenk mit einander verbunden, welches eine Beugung der beiden Abschnitte, die Streckung aber nicht weiter gestattet, als bis Oberarm und Unterarm eine gerade Linie mit einander bilden (Fig. 132). Die Rückwärtsbewegung über die gerade Linie hinaus ist durch eine Hemmungsvorrichtung, einen Sperrhaken: das Olecranon unmöglich gemacht. Es wird durch diese Einrichtung der Arm in der ausgestreckten Lage zu einem festen, steifen Stab, an dessen vorderem Ende eine Last ziehen kann, ohne ihn zu biegen; der ganze Arm kann sonach unter diesen Umständen als ein einfacher, starrer Hebel benützt werden.

Fig. 132.

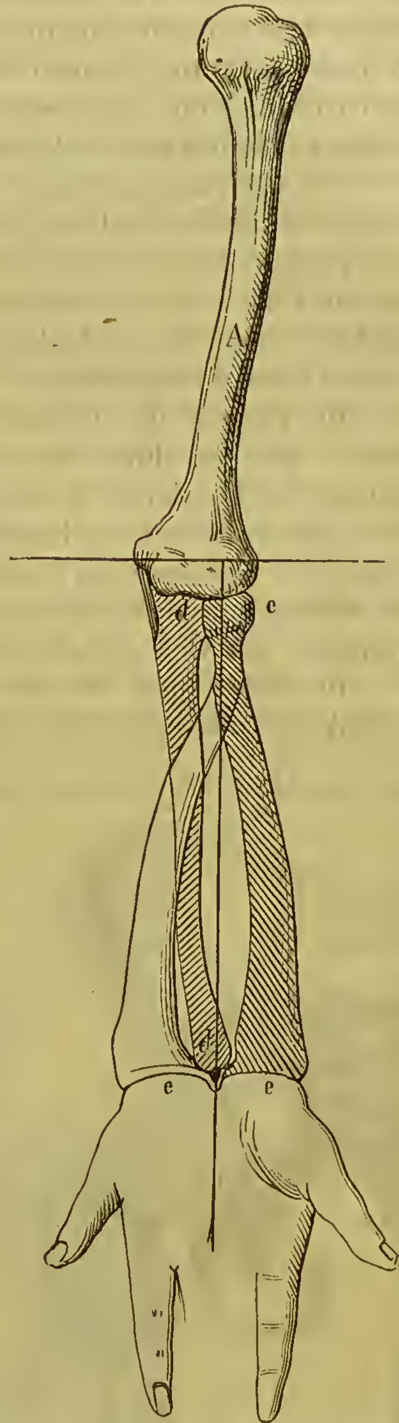


Schema des Ellbogengelenkes in grösster Beugung und Streckung.

Das Ellbogengelenk zwischen Oberarmknochen und Ulna, welche als Hauptunterarmknochen betrachtet werden muss, besitzt wie gesagt nur eine beschränkte Beweglichkeit, die nur Beugung zulässt. Dadurch, dass das Unterarmknochengerüste aus zwei neben einander liegenden gegen einander drehbar verbundenen Knochen: Ulna und Radius gebildet ist, konnte dem Unterarm noch eine Drehung, Torsion um seine Längsaxe ermöglicht werden, welche frei-

lich weniger mit den Functionen des Armes als mit denen der an dem Unterarme ansitzenden Hand zu thun hat (Fig. 133). Die Hand ist ein vielfach gegliederter Mechanismus, dessen bewegliche Gelenkverbindung Beugung und Streckung, Adduction und Abduction gestattet. Da sich alle Bewegungsmöglichkeiten, die sich bei den einzelnen Gelenkverbindungen finden, vom Schultergelenke an bis zum Handgelenke summiren, so hat die Hand selbstverständlich die ausgedehnteste Bewegungsmöglichkeit. Die Zahl der Verrichtungen, deren die Hand fähig ist, beruht auf der Mannichfaltigkeit ihrer möglichen Bewegungen als Ganzes und ihrer einzelnen Theile. Der Bau der Hand ist im Wesentlichen ungemein einfach. Sie besteht aus fünf an ihren Enden verbundenen, gegliederten Stäbchen, welche auf einem mosaikartig gebauten Knochenstücke, der Handwurzel in einer Reihe neben einander befestigt sind. Jedes solche Stäbchen besteht zunächst aus einem Grundgliede, dem Mittelhandknochen, von denen vier ziemlich unbeweglich mit einander verbunden sind, und somit ein tellerartiges Organ: den Handteller darstellen. Der Mittelhandknochen des Daumen zeigt dagegen eine grosse Beweglichkeit, auf welcher, vereinigt mit der ebenfalls vorhandenen geringen Beweglichkeit des Mittelhandknochens des kleinen Fingers, die Möglichkeit der Zusammenbeugung des Handtellers zu einer rinnenartigen Vertiefung beruht. Auf den unteren Enden der Mittelhandknochen sitzen die Knochen der Finger frei beweglich auf. In den Gelenken der Finger- und Mittelhandknochen ist ausser Beugung und Streckung bis oder etwas über die Gerade auch noch Ab- und Adduction möglich, die einzelnen Fingerglieder besitzen nur die Fähigkeit der Beugung und Streckung. Mittelst der Finger kann sich die Hand zum hohlen Gefässe, zur Faust, zum Haken und mit Hülfe des gegenüberstellbaren Daumens zur Zange, zum Ring gestalten, je nach dem Bedürfnisse, welchem durch die Bewegung genügt werden soll.

Fig. 133.



Schema der Bewegungen des Unterarmes; sie erfolgen um die beiden gezogenen Axen.

Die Vielfachheit der Bewegungsmöglichkeiten und wirklich ausgeführten Bewegungen des Armes und der Hand hat bisher eine vollkommen genaue mechanische Analyse derselben noch vereitelt. So mag diese Skizze genügen, um ein Bild der mechanischen Verhältnisse, die sich hier ergeben, zu entwerfen.

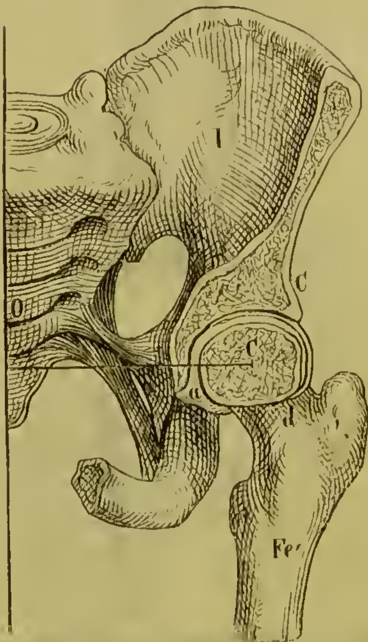
Die Functionen der unteren Extremitäten sind weit einfacherer Art als die der Arme. Sie beschränken sich auf die Unterstützung des Rumpfes bei dem Stehen und die Fortbewegung desselben bei den verschiedenen Arten des Gehens. Es war möglich, diese Verrichtungen vollkommen auf ihre mechanischen Grundbedingungen zurückzuführen. Das entscheidende Verdienst in dieser Richtung gebührt den Gebrüdern Weber, deren classische Arbeiten als Grundlage für alle mechanischen Erläuterungen der Bewegungen des animalen Gesammtkörpers dienen müssen.

Ueberblicken wir auch hier vorerst den Bau der Bewegungsglieder, so sehen wir die Vermuthung, dass sie im Verhältnisse zu den Armen eine grössere Festigkeit ihres Gerüstes besitzen würden, vollkommen bestätigt. Nicht nur sind die einzelnen das Skelet der Beine bildenden Knochen massiver und stärker, auch ihre Gelenkverbindungen zeigen eine grössere Festigkeit auf Kosten ihrer Beweglichkeit.

Die Freiheit der Bewegungen der Arme ist schon dadurch eine bedeutende, dass sie durch ein System beweglich unter einander und mit dem Rumpfe verbundener Knochenstücke: Schulterblatt und Schlüsselbein mit dem starren Rumpfe verbunden sind. Die Beine articuliren an dem fast unbeweglich verbundenen Knochenring des Beckens, in dessen hinteren Umfang die Wirbelsäule fest eingeklemmt ist. Das Becken bildet die starre Basis des Rumpfes, mit welcher letzterer auf seinen Tragsäulen ruht.

Die Beine sind wie die Arme mehrfach gebrochene Stäbe. Die Art der Gelenkverbindungen zeigt ebenfalls eine unverkennbare Aehnlichkeit.

Fig. 134.



Hälfte eines männlichen Beckens nach Weber. *a* Ligamentum teres, Linie *c* Drehungsaxe des Beckens im Schenkelkopf.

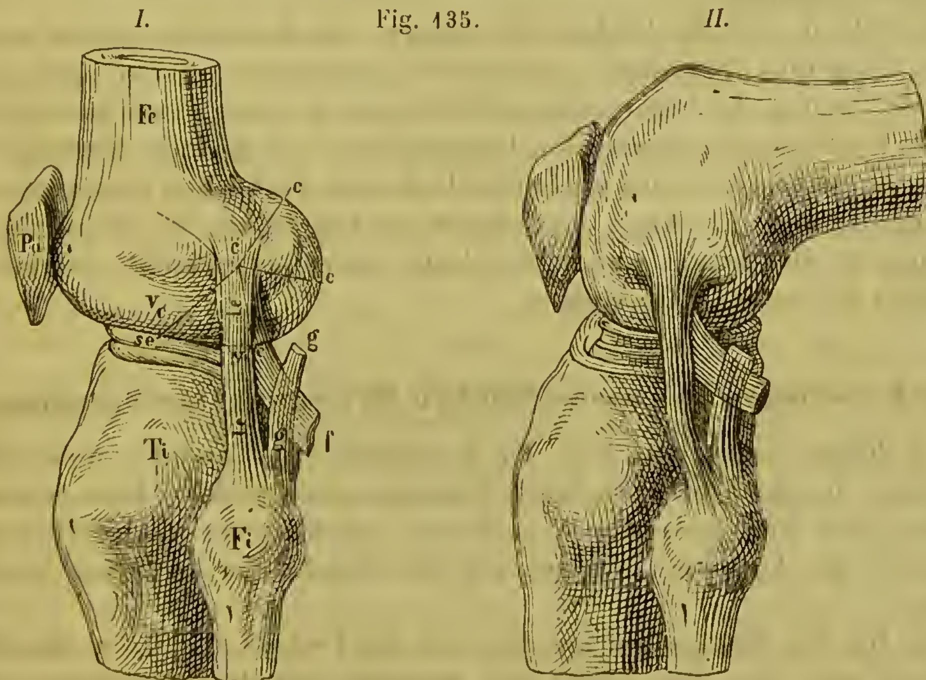
Das Gelenk zwischen Oberschenkelknochen und Becken, das Hüftgelenk, ist wie das Schultergelenk ein Kugelgelenk und zwar ein wirkliches Nussgelenk, das, wie schon angegeben, durch das Uebergreifen des Pfannenrandes über den grössten Theil des Gelenkkopfes, die Beweglichkeit zwar allseitig möglich macht, sie aber doch nach allen Richtungen ziemlich beschränkt (Fig. 134). Auch hier ist die eigentliche knöcherne Hohlfläche des Gelenkes ein weit geringeres Stück einer Kugelfläche als die Gelenkfläche des Oberschenkelkopfes. Ein dem Pfannenrande aufgesetzter Knorpelring umgreift erst den Gelenkkopf in grösserer Ausdehnung. Die Bewegungen werden in dem Hüftgelenke noch weiter gehemmt durch eine sehnige Kapsel, welche bei jeder Bewegung gespannt und gedreht wird, ihre vordere Wand wird durch das ungemein starke Ligamentum ileo-femorale verstärkt, welches eine Rückwärtsbiegung des Rumpfes bei feststehenden Beinen durch seine Anspannung verhindert.

Das Kniegelenk entspricht wie das Hüftgelenk dem geforderten Zweck vollkommen. Es gestattet durch seine eigenthümliche Einrichtung, die man

als Schraubengelenk oder Spiralgelenk bezeichnen kann, eine Beugung in ziemlicher Ausdehnung, die Streckung jedoch nur bis zur geraden Linie mit dem Oberschenkelbeine, ohne dass wir hier eine ähnliche Hemmungsvorrichtung wie das Olecranon am Ellbogengelenk antreffen. Während der Streckung ist nur Beugung in dem Kniegelenk auszuführen. Bei gebogenem Knie kann der Unterschenkel auch nach auswärts und vorwärts gedreht werden. Bei höchster Streckung macht der Unterschenkel gleichfalls eine leichte Drehung nach aussen, welche auf dem Abwickeln des Gelenkschraubenganges beruht. Die Drehung des Unterschenkels an dem Oberschenkel bei gebogenem Gelenk erfolgt durch eine Drehung des äusseren Condylus um den inneren.

Die Beschränkung der Beweglichkeit im Knie beruht auf der Anwesenheit von Gelenkbändern, die nach bestimmten Richtungen, je nach den Stellungen des Beines hemmend wirken. Bei gestrecktem Knie sind es die starken Seitenbänder, bei gebogenem die Kreuzbänder, welche dem Gelenk seine Festigkeit geben und die Bewegungen theilweise beschränken. Die beiden Seitenbänder spannen sich bei der Streckung des Knie's an und erschlaffen bei der Beugung. Der Grund dafür liegt darin, dass in der gestreckten Stellung der Abstand des Knochens von der Berührungsfläche bis zum Ansatzpuncte des Bandes grösser ist als in der Beugung des Gelenks. Die Gelenkfläche jedes Condylus ist nämlich von vorn nach hinten nicht sphärisch, sondern mit zunehmendem Halbmesser gekrümmt, sodass dadurch bei einer übermässigen Streckung die Ansatzpuncte des Bandes sich von einander entfernen müssen (Fig. 135). So wird durch die Spannung der Seitenbänder eine weitere Streckung, wie eine Drehung des Unterschenkels vermieden. Die Kreuzbänder haben die Aufgabe, die Oberschenkelgelenkfläche bei allen Graden der Beugung auf der Tibialgelenkfläche festzuhalten.

I. Fig. 135. *II.*



f. Sehne des Musculus popliteus. *le.* Ligamentum laterale externum. *c c*, *c cIV*, *c cV* die zunehmenden Halbmesser des Condylus. *gg* ein eigenthümliches Band, das von der Fibula zur Kapsel in der Kniekehle geht, und die Sehne *f* des Musculus popliteus in einer bestimmten Lage erhält.

Der Fuss bildet eine breite, feste Unterstützungsfläche, auf welcher der Gesammtkörper mittelst seiner Beine schliesslich ruht. Er zeigt trotz seiner Festigkeit eine ziemliche Beweglichkeit, der bei dem Gehen eine nicht unbedeutende Rolle übertragen ist. Die beiden Gelenke zwischen Unterschenkel und Talus und zwischen Talus und Fuss erlauben ihm Streckung und Beugung, sowie Abduction und Adduction, Supination und Pronation, ohne dass diese verschiedenen Bewegungsmöglichkeiten störend auf die Festigkeit des Ganzen einwirkten, was besonders dadurch erreicht ist, dass diese mannichfachen Bewegungen nicht in einem Gelenke vollführt werden können, sondern auf die genannten beiden Gelenkverbindungen vertheilt sind.

Das Gelenk zwischen Unterschenkel und Talus gestattet nur Beugung und Streckung und ist ein Scharniergelenk; der Gelenkcylinder gehört dem Talus an; er wird von den beiden gabelförmig herabragenden Knöcheln umfasst und fixirt, worin sie, in analoger Weise wie am Kniegelenke, durch straffe Seitenbänder unterstützt werden.

Die übrigen Bewegungen werden in dem Gelenke des Talus mit dem Fusse ausgeführt, das eine sehr complicirte Gestalt besitzt und wie es scheint aus zwei Kugelgelenken zusammengesetzt ist. Sein Bau ist noch nicht vollkommen aufgeklärt. Auch hier hält ein fester Bandapparat die Knochen in ihrer gegenseitigen Lage.

Der Fuss, der wie die Handwurzel aus einer hier etwas beweglicheren Mosaik von kurzen Knochen zusammengesetzt ist, stellt ein Gewölbe dar, mit der Concavität dem Boden zugekehrt, auf dem es mit nur drei Puncten aufruht: mit dem Körper des Fersenbeines, mit dem Köpfchen des ersten und dem des letzten Mittelfussknochens. Die Abflachung des Gewölbes wird trotz der Gelenkverbindungen der dasselbe darstellenden Knochen durch einen Bandapparat gehindert.

Die Zehen sind die Analoga der Finger; sie dienen aber nicht wie jene zum Ergreifen und Festhalten, sondern für gewöhnlich nur zur Verlängerung und Verbreiterung der Unterstützungsfläche des Körpers. Ihre Beweglichkeit passt die Unterstützungsfläche den Unebenheiten des Bodens möglichst vollkommen an, sodass auch auf unebenem Boden ein Feststehen ermöglicht wird. Ihre Beugung und Streckung verwandelt die Unterfläche des Fusses je nach Bedürfniss in eine gerade oder halbradartig gekrümmte Fläche, wodurch sie den Gehact wesentlich unterstützen.

Die Leistungen des menschlichen Bewegungsmechanismus.

Wir haben somit den Bau der Bewegungsmaschine des menschlichen Organismus in seinen wesentlichsten Zügen kennen gelernt. Eine nähere Beschreibung der hier berührten Verhältnisse gehört nicht in die Physiologie, sondern in die Anatomie, worauf wir für eingehendere Studien verweisen müssen.

Wie bei den Beschreibungen der von der Technik benutzten Maschinen, haben wir auch hier den Zweck der Maschine bei der Betrachtung in den Vordergrund gestellt. Freilich war es uns unmöglich, auch nur einigermaassen vollkommen die mechanischen Einrichtungen zu zergliedern, die sich

so unendlich mannichfaltig finden wie die Verrichtungen des menschlichen Körpers selbst. Doch haben wir ein Bild gewonnen, von den allgemeinen Verhältnissen, auf denen die Möglichkeit dieser vielseitigen Leistungen beruht. Auch hier sehen wir die Natur mit weit einfacheren Mitteln zum Zwecke gelangen, als es die Mechanik vermag. Die menschliche Maschine ist wesentlich von der von Menschenhand gebauten verschieden.

Aeusserst auffallend ist, wie schon oben angedeutet, wie wenig sich die Natur bei dem Aufbau des Bewegungsgerüstes an mathematische Strenge in der Ausführung gebunden hat. Ihre Scharniergelenke lassen fast alle nach den neueren Untersuchungen noch andere als Scharnierbewegungen zu, besonders sind es geringe Schraubenbewegungen, welcher sie noch fähig sind, bei denen sich der Cylinder auf seinem Ausschnitt wie eine Scheibe in ihrer Mutter abwindet. Das Knie- und Ellbogengelenk bieten dafür Beispiele. Meissner hat nach der Methode von Langer durch das Gelenkende der Ulna Stifte so eingeschlagen, dass sie mit der Spitze eben in die Gelenkhöhle hineinragten. Bei den Beugungen und Streckungen in dem Ellbogengelenke ritzten sie so Spurlinien auf die convexe Gelenkfläche des Oberarmknochens, die sich als Theile eines Schraubengewindes darstellen. Der Gelenkcylinder des Oberarmes ist somit eine Schraube, die sich in der Schraubenmutter der concaven Gelenkfläche der Ulna abwindet. Aehnlich ist es im Kniegelenke, das schon auf den ersten Blick etwas von einer schraubenartigen Einrichtung erkennen lässt.

Wie sinnreich und in der Mechanik unbenützt sind die Befestigungen der Gelenkenden aneinander durch Luftdruck, dessen Stärke fast genau hinreicht, das Gewicht der an den Gelenken hängenden Extremitäten zu äquilibriren, sodass die Bewegungen fast ohne Reibung möglich sind.

Als Hemmungsapparate der Bewegung findet sich nur am Ellbogengelenke ein eigentlicher, mechanischer Sperrhaken, das Olecranon; bei allen anderen Gelenken sind dazu nur die zur Befestigung der Gelenkenden dienenden Bandapparate verwendet, welche vermöge ihrer elastischen Eigenschaften bei höheren Spannungsgraden eine weitere Ausdehnung nicht mehr gestatten. Wie einfach ist ihr straffes Anspannen zur Hemmung erreicht; bei dem Kniegelenke sahen wir eine leise Abweigung der Gelenkhöcker von der mathematischen Gestalt hinreichen, die Seitenbänder bei der einen Stellung stärker als bei der anderen zu spannen und damit gewisse Bewegungen gestatten oder verbieten, je nach dem geforderten Zwecke einer jeden Gelenkstellung. Wir sehen damit die Beine, allen Regeln der Mechanik spottend, obwohl sie Tragsäulen des gesammten Körpers sein sollen, aus mehrfach-gegliederten, gegeneinander beweglichen Abschnitten bestehen, je nach Bedürfniss in steife, unbewegliche Stützen verwandelt oder im Zickzack gebogen, je nachdem sie zum Stehen oder zum Fortbewegen des Körpers dienen sollen.

Der Organismus wird hier wie überall von der Maschine dadurch charakterisirt, dass wir an ihm zwar eine strenge Gesetzmässigkeit im Allgemeinen überall bethätigt finden, aber innerhalb dieser Gesetze an allen Orten die grösste Freiheit jeder individuellen Gestaltung Raum gebend. Bei den Maschinen der Mechanik sind wir gewöhnt die Vollkommenheit danach zu beurtheilen, wie genau nach Form, Lage, Masse die einzelnen Theile einander und

dem vorgeschriebenen Plan entsprechen. In dem Organismus finden wir nirgends diesen äusserlichen Schematismus, der nur für oberflächliche Betrachtung zugleich Vollendung ist.

Mit einer vollkommenen Erkenntniss des Baues der Bewegungsmaschine müssen sich ihre Leistungen auf einfache, mechanische Gesetze zurückführen lassen.

Der Gedanke, dass die Verrichtungen des menschlichen Körpers unter die Gesetze der Mechanik fallen, dass sie auf mechanischem Wege zu Stande kommen, ist ein schon sehr alter. Man hatte die Organismen mit Maschinen freilich sehr complicirter Art verglichen; man hatte versucht, Maschinen — Automaten —, welche die Bewegungen des menschlichen Körpers ausführten, zu bauen, und zwar unverkennbar mit der anerkennenswerthen Absicht, auf diesem Wege einen Einblick in das mechanische Problem des Organismus zu erhalten.

Die physiologische Physik wendete sich schon seit geraumer Zeit diesen Vorgängen zu, die einer mechanischen Erklärungsweise vor allen anderen thierischen Functionen am leichtesten zugänglich schien. Noch immer ist aber für die Mehrzahl der Bewegungen des Körpers diese Erkenntniss nicht vollkommen erreicht.

Die zwei Hauptfunctionen der Beine: als Stützen und als Bewegungsorgane des Gesammtkörpers zu dienen, allein sind bisher in vollkommener Weise in ihren mechanischen Verhältnissen erklärt worden. Es sind die classischen Untersuchungen der Gebrüder Weber über die Mechanik der menschlichen Gehwerkzeuge, denen wir diesen Fortschritt der Wissenschaft vor allen verdanken.

Wenden wir unsere Aufmerksamkeit zuerst auf die Mechanik des Aufrechtstehens. Es ergiebt sich aus den Untersuchungen über diesen Gegenstand, die im Anschluss an die Untersuchungen der Gebrüder Weber vor allem von H. Meyer ausgeführt wurden, dass zum Zustandekommen eines natürlichen ungezwungenen Stehens fast einzig und allein die mechanischen Einrichtungen der passiv bewegten Körpertheile des Skeletes ausreichen, sodass wir dieses Stehen als die: aufrechte Ruhelage des menschlichen Körpers bezeichnen können. Dass es trotzdem nicht ganz ohne Anwendung activ bewegender Organe — der Muskeln — möglich ist, beweist, ausser dass nur der belebte Körper aufrecht gestellt werden kann, die Ermüdung, welche nach längerem Stehen eintritt und einen Aufwand von Kraft bekundet.

Zum Stehen ist es erforderlich, dass der Oberkörper auf den als steife Stützen wirkenden Beinen im Gleichgewichte getragen wird, dass also die senkrechte Linie, welche wir durch den Schwerpunct des Körpers zur Unterstützungsfläche herab uns gezogen denken können, die Schwerlinie, innerhalb des von den Füssen umspannten Raumes hereinfällt.

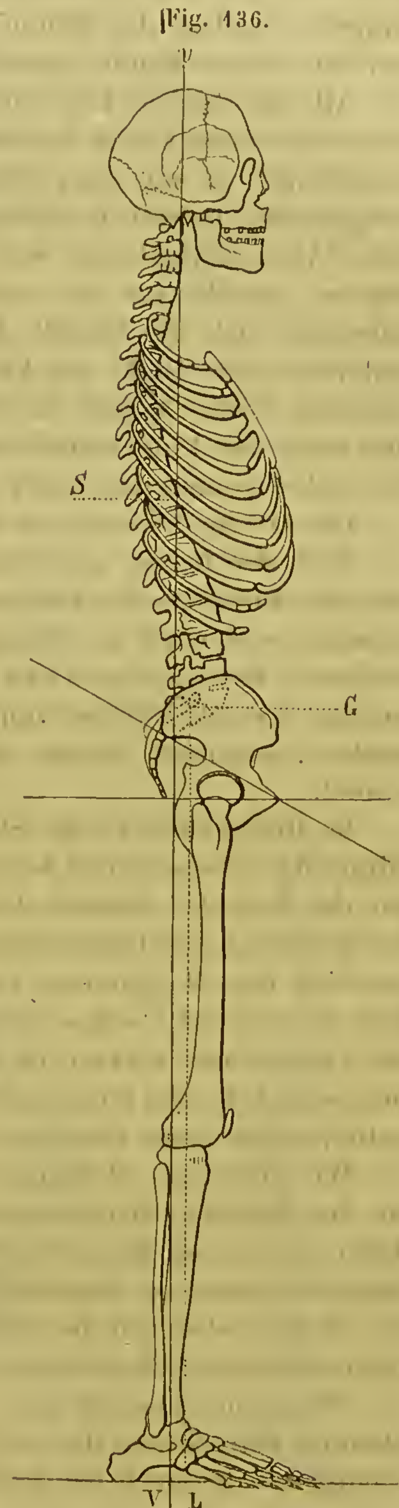
Bei dem natürlichen Stehen, bei welchem diesen Bedingungen genügt ist, bilden die Füsse einen nach vorne offenen Winkel von etwa 50°. Die Unterschenkel stehen parallel, die Oberschenkel stehen in der Verlängerung der Unterschenkel, sie bilden mit einander senkrecht stehende Säulen. Die Schwerlinie durch den Schwerpunct des gesammten Körpers mit den Beinen, der nach Ed. Weber im Promontorium, nach Meyer im Canal des zweiten Sa-

cralwirbels liegt, fällt nur wenig hinter die Drehaxe der Kniegelenke und nur wenig vor eine Linie, durch welche wir die Fussunterschenkelgelenke mit einander verbinden können. Der Schwerpunct des Rumpfes allein liegt nach Horner vor der Mitte des zehnten Rückenwirbels, wenn die Arme am Rumpfe herabhängen, die Wirbelsäule gestreckt und der Kopf festgestellt ist. Eine durch ihn auf die Unterstützungsfläche gezogene Schwerlinie fällt ziemlich weit hinter die Drehpuncte der Hüftgelenke, weniger weit hinter die Drehaxe der Kniegelenke. Dies rührt daher, dass der Rumpf im Hüftgelenke ziemlich stark hinten übergelehnt ist.

Die mechanischen Bedingungen dieser Stellung sind folgende.

Die Stellung im Hüftgelenke ist fixirt durch die Wirkung des Ligamentum ileofemorale superius. Denken wir uns die Drehpuncte der Hüftgelenke durch eine horizontal von rechts nach links laufende Gerade verbunden, so stellt diese eine Axe dar, um welche der Rumpf nach vor und rückwärts gedreht werden kann. Der Rumpf ist bei dem Stehen nach hinten übergeneigt, die Schwere wird ihn noch weiter nach hinten zu drehen bestrebt sein, diesem Drehungsbestreben wirkt das Ligamentum ileofemorale entgegen, welches sich bei der Rückwärtsdrehung anspannt, und diese damit über einen bestimmten Grad hinaus bei feststehenden Beinen verhindert. So bildet vermittelst dieses Bandes der Rumpf mit den Oberschenkeln ein in sich festes System, das auf den Unterschenkeln, auf den Kniegelenken balancirt. Der Schwerpunct des Rumpfes mit den Oberschenkeln fällt etwas aber nur sehr wenig hinter die Drehaxe des Kniegelenkes, das sich während der Streckung mit möglichst breiten Flächen berührt. Es genügen nur sehr geringe mechanische Einrichtungen, um dem geringen Zug der Schwere, welche wegen der Lage der Schwerlinie die Knie zu beugen bestrebt ist, das Gleichgewicht zu halten. Auch hier wirkt vor allem Bänderspannung, die Spannung des Ligamentum ileotibiale (der Fascia lata) und die Spannung des schon genannten Ligamentum ileofemorale. Das Liga-

Fig. 136.



S. Schwerpunct des Rumpfes; *v*, *v*. die durch ihn senkrecht gezogene Schwerlinie; *G*. gemeinsamer Schwerpunct; *GL*. Senkrechte Linie auf den gemeinsamen Schwerpunct.

mentum ileofemorale hält das Becken und die Oberschenkel in ihren gegenseitigen Lagen fest, die sich bei der Beugung im Kniegelenke verändern müssen; das Ligamentum ileotibiale spannt sich gegen eine Kniebeugung in ähnlicher Weise an, wie das Ligamentum ileofemorale bei der Rückwärtsbeugung des Rumpfes, sodass der Rumpf mit den Oberschenkeln in analoger Weise wie dort von diesem Bande gehalten wird.

Alle die bisher kennengelernten Momente, welche den Rumpf mit den Beinen zu einem festen Systeme verbinden, widersetzen sich der Beugung im Fussgelenke, da mit einer solchen Stellungsveränderungen in den durch Bänderspannung fixirten Gelenken eintreten müsste. Eine Beugung im Fussgelenke (Astragalusgelenke) wird durch die Lage der Schwerlinie des Gesammtkörpers, welche vor das genannte Gelenk fällt, angestrebt. Einer solchen widersetzt sich die Gestalt der Gelenkflächen, indem bei der Beugung das vordere breitere Ende der Astragalusrolle immer mehr zwischen die Knöchel eingekeilt wird, sodass die beiden Unterschenkelknochen, die sich bei der Streckung des Unterschenkels etwas umeinander rotiren, und dadurch die Rolle schräg umgreifen, stark an die Rolle angepresst werden.

Die Art der Stellung der Füsse auf dem Boden ist schon oben angegeben.

Nach der bisher gegebenen Darstellung bedarf das Aufrechtstehen, die aufrechte Ruhelage des Körpers keiner äusseren Kräfte; das System des Gesammtkörpers wird zu einem vergleichsweise starren bei der betrachteten Stellung. Das Gleichgewicht in den Gelenken ist jedoch unter allen Umständen nur ein sehr labiles; um der Stellung eine grössere Festigkeit zu geben, werden auch noch äussere Muskelkräfte zur Feststellung der Gelenke verwendet.

Im Hüftgelenke ist die Stellung an sich am gesichertsten. Die Auswärtsrollung der Oberschenkel beim Stehen, das Sicherstellen gegen weitere Rotation des Rumpfes besorgt der M. glutaeus maximus. Am Kniegelenke wird die Spannung des Ligamentum ileotibiale (der Fascia lata), an das sich bekanntlich der M. glutaeus maximus inserirt, durch die Contraction dieses Muskels verstärkt, sodass seine besprochene Wirkung eine sicherere ist. In dem Fussgelenke wirken die Wadenmuskeln (Mm. gastrocnemii) und die vom Unterschenkel zum Fuss laufenden Muskeln: Mm. tibialis posticus, peronaei postici, soleus einer Beugung entgegen.

Wir dürfen die Wirkung dieser Muskeln nicht überschätzen. Sie haben nur die Aufgabe, bei etwa eingetretenen Störungen der an sich durch das Skelet mit seinen Bändern schon gegebenen Gleichgewichtslage der einzelnen Körperabschnitte zu einander die Balance wiederherzustellen. Das ungezwungene Stehen ist durch die mechanischen Einrichtungen des Körpergerüstes fast allein schon möglich gemacht.

Wie es uns möglich war, die Mechanik des Stehens, abgesehen von eingehender Betrachtung der activ auf das Skelet wirkenden Kräfte zu verstehen, so wird uns das auch bei der noch wichtigern Körperfunction, auf welcher die mechanischen Hauptleistungen des menschlichen Körpers beruhen, gelingen, bei der Darstellung des Gehens und der verwandten Bewegungen.

Wir verstehen nach den Untersuchungen der Gebrüder Weber unter natürlichem Gehen diejenige Gangart, bei welcher vermittelst seiner unteren

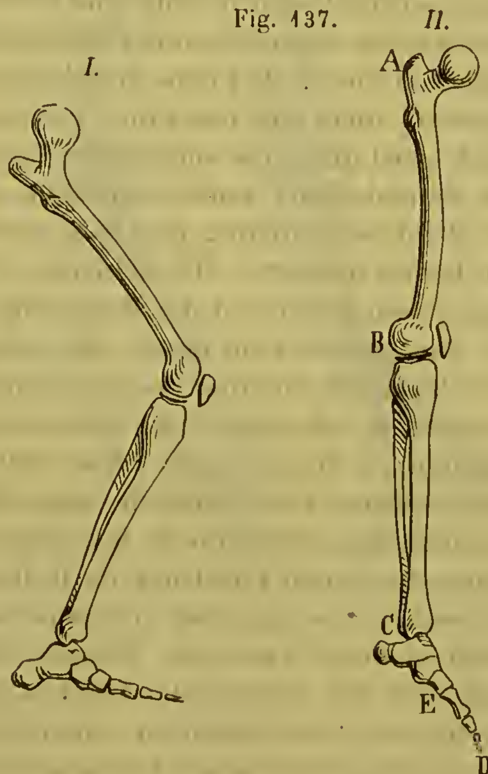
Extremitäten mit möglichst geringem Kraftaufwande der menschliche Körper nahezu horizontal über einen ebenen Boden mit fast gleichbleibender Geschwindigkeit fortgetragen wird.

Hierbei wirken verschiedene Kräfte auf den Körper, von denen die einen beschleunigend, die anderen verzögernd wirksam werden. Die erste ist die Schwerkraft, welche die vertikal abwärts gerichtete Geschwindigkeit beschleunigt, und die durch eine Kraft, welche in senkrechter Richtung den Körper stützt, genau äquilibrirt werden muss, um den Rumpf weder steigen noch sinken zu lassen. Die andere ist der Luftwiderstand, der die Bewegungen in jeder Richtung verzögert. Die dritte ist die Streckkraft je eines Beines, welche nicht nur den Luftwiderstand überwindet, sondern auch die ganze Masse des Körpers vorwärts schiebt.

Die Bewegung eines Kahnes mit Hülfe einer Ruderstange auf stehendem Wasser kann ein Bild für einen Theil der Bewegungen abgeben. Der Schwerkraft, welche auf den Kahn wirkt, wird durch das Wasser das Gleichgewicht gehalten; bei dem Gehen übernimmt diese Function abwechselnd das eine Bein, auf das sich der Körper stützt. Die Ruderstange wird schief gegen den Boden angestemmt mit einer bestimmten Kraft, welche genügt den Kahn fortzustossen; diesen Theil der Arbeit übernimmt stets das zweite Bein, das gerade nicht zur Stütze dient. So ist das Gehen je aus drei Abschnitten zusammengesetzt: aus zwei activen, Stützen und Fortstossen und aus einem passiven, der darin besteht, dass die Extremität, welche eben nicht zum Fortstossen benutzt wird, sich durch gewisse Stellungsveränderungen zu dieser Thätigkeit vorbereitet.

Das Mittel zur Ausführung der Bewegung ist die Streckung zweier in entgegengesetzter Richtung gebogener Gelenke, des Kniegelenkes und des Fussgelenkes, wodurch aus einem im Winkel gebogenen ein gerader, also wesentlich längerer Stab erzeugt wird; auf dieser plötzlichen Verlängerung beruht das Vorwärtsschieben des Rumpfes (Fig. 137). Der Körper würde dabei nach vorwärts fallen, wenn nicht gegen Ende der Projection die zweite Extremität als Stütze sich gegen das Fallen unterstellen würde. Beide Extremitäten wechseln mit dem Tragen und Bewegen der Last ab. Da das Vorwärtsschieben stets nur von einem Beine aus erfolgt, also etwas von einer Seite her, so würde der Stoss den Körper nicht nur vorwärts, sondern auch etwas zur Seite bewegen, wenn nicht stets der Arm auf der Seite des fortstossenden Beines

Fig. 137.



vorwärts fiele und damit den Schwerpunct etwas nach dieser Seite verschöbe.

Bei dem Gehen schwebt stets ein Bein am Rumpfe hängend in der Luft — das passive Bein —, während das andere — das active — auf den Boden angestemmt ist.

Es giebt bei jedem Schritt einen Moment, wo das eine Bein senkrecht etwas gebeugt unter dem Schwerpunct des Rumpfes steht; das andere Bein steht dann ziemlich weit nach hinten und zwar vollkommen in allen seinen Gelenken gestreckt und berührt nur noch mit den Zehenballen — den Metatarsusköpfchen — den Boden. Es bilden so die beiden Beine mit dem ebenen Boden, auf dem sie stehen, ein rechtwinkeliges Dreieck. Die Hypotenuse stellt das schief nach hinten, die eine Kathete das senkrecht unter dem Schwerpunct stehende Bein, die andere die Verbindungslinie der beiden Beine am Boden dar.

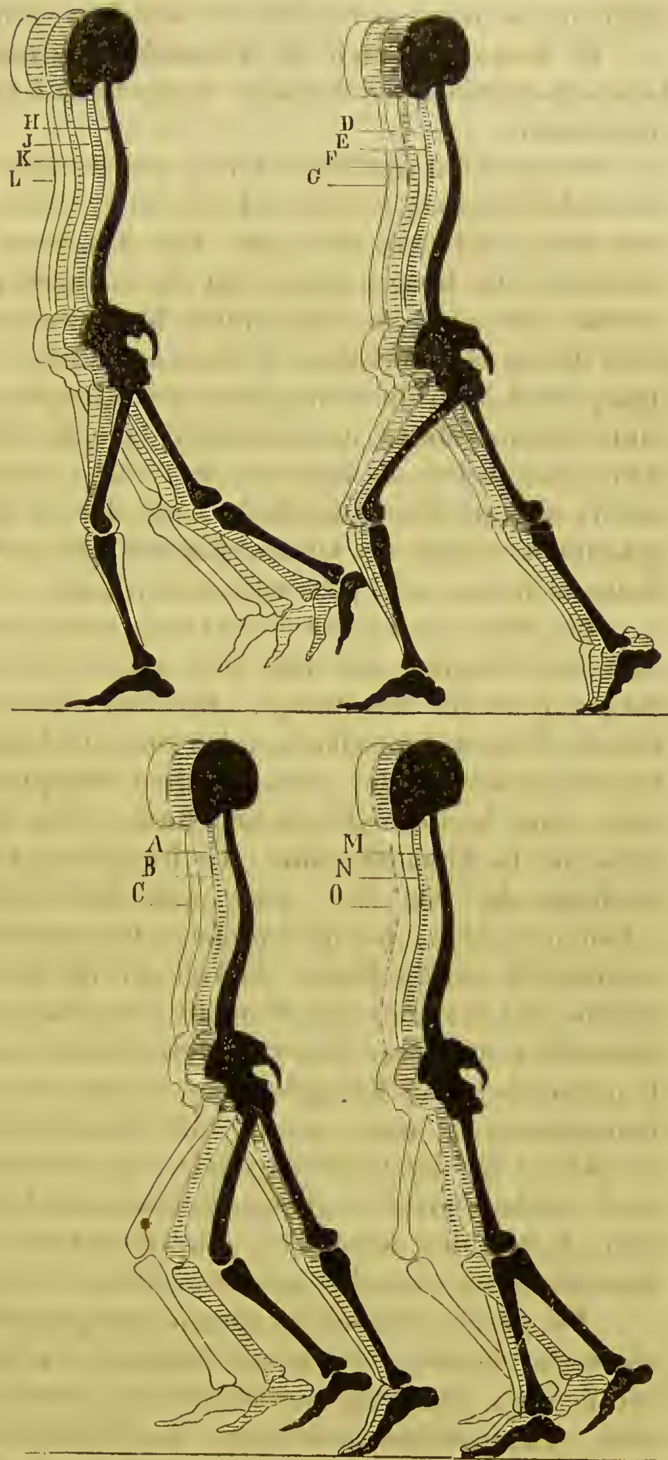
Das senkrecht stehende Bein *A* hat bei dem nun folgenden Schritt die Projection des Körpers zu übernehmen. Es nimmt dazu eine etwas nach vorwärts geneigte Stellung ein und verlängert sich durch Streckung in seinen Gelenken. Der Körper würde dadurch nach vorwärts fallen müssen, wenn nicht inzwischen das andere Bein *B* sich aus seiner Lage gleichfalls entfernt hätte und soweit vorgerückt wäre, dass es nun senkrecht, etwas gebeugt, unter dem Schwerpuncte zu stehen käme. Es übernimmt damit die Thätigkeit, welche eben das Bein *A* verrichtete und ein neuer Schritt beginnt. In dem Augenblicke der höchsten Streckung des Beines *A* löste sich nämlich *B* vom Boden vollkommen los, vermittelst einer leichten Beugung in seinen Gelenken etwas verkürzt, und machte eine Pendelschwingung im Hüftgelenke nach vorwärts bis senkrecht unter den Körperschwerpunct, dessen Stütze es nun darstellen muss. Bei dem Strecken des projicirenden Beines *A* wird, wie angegeben, nicht nur das Knie-, sondern auch das Fussgelenk gestreckt; dadurch wird die Ferse vom Boden abgehoben, die Last ruht dann nur noch auf den Zehenballen; endlich erheben sich auch diese, sodass vor dem Beginn der Pendelschwingung das Bein nur noch mit dem Ballen der grossen Zehe den Boden berührt. Die Gebrüder Weber vergleichen dieses Abwickeln des Fusses vom Boden mit der Bewegung des Fortrollens eines Rades (Fig. 138).

Das passive Bein macht also, während das active die Projection ausführt, eine Pendelschwingung nach vorwärts. Es ist dieses Factum von besonderer Wichtigkeit, da diese Vorwärtsbewegung des passiven Beines, um als Unterstützung zu dienen, ganz ohne Aufwand von Muskelkräften geschieht. Dadurch werden zwei Vortheile zugleich erreicht, eine bedeutende Kraftersparniss und eine vollkommene Regelmässigkeit der Schritte. Da das Gewicht des Beines durch den Luftdruck im Hüftgelenke fast vollkommen genau äquilibrirt ist, so kann es ungestört vollkommene Pendelschwingungen ausführen. Wir sehen in Folge davon die Schritte genau unter dem Einfluss der Pendelgesetze vor sich gehen: die Pendelschwingungen nehmen mit der Kürze des Pendels an Schnelligkeit zu, ebenso die Schwingungen der Beine, sodass sich daraus die gravitätischen Gehbewegungen grosser Personen erklären, wie die Beweglichkeit der kleinen.

Die Schrittlänge ist, wie sich aus directer Anschauung ergiebt, um so

bedeutender, je stärker das active Bein vor Beginn seiner Projectionsthätigkeit gebeugt war, also je tiefer gesenkt der Rumpf beim Gehen getragen wird. Auch die Fusslänge ist von Einfluss, da sich bei dem Vorgang der Abwickelung des Fusses vom Boden vor dem Eintritt der Pendelschwingung der Fuss der Schrittlänge hinzuaddirt. Je länger der sich abwickelnde Fuss ist, eine desto grössere Länge wird dem Schritte dadurch hinzugefügt.

Fig. 138.



Stellt nach Weber die gleichzeitige Lage eines Beines für den Zeitraum eines Schrittes dar. Der Uebersicht wegen sind diese Lagen in 4 Gruppen getrennt worden. Die erste Gruppe: *DEFG* stellt die verschiedenen Lagen, welche beide Beine, während sie beide auf dem Boden stehen, gleichzeitig erhalten; die zweite Gruppe: *HJKL* die verschiedenen Lagen, welche beide Beine in der Zeit erhalten, wenn das aufgehobene Bein hinter dem stehenden weit zurück ist; die dritte Gruppe: *MNO* die verschiedenen Lagen, welche beide Beine in der Zeit annehmen, wenn das schwingende Bein das stehende überholt; die vierte Gruppe die verschiedenen Lagen, welche beide Beine in der Zeit erhalten, wenn das schwingende Bein dem stehenden weit vorausgeeilt ist. An diese Stellung schliesst sich zum zweiten Schritt wieder die erste Gruppe: *DEFG* an.

Wir sahen, dass es einen Zeitpunct giebt, während dessen beide Beine bei dem Gehen den Boden berühren. Dieser Zeitraum kann bei dem geschwindesten Gehen vollkommen zu Null werden, sodass der gestreckte Fuss in demselben Augenblick zu pendeln beginnt, in dem der andere nach seiner Schwingung niedergesetzt wurde.

Die Streckung des activen Beines ist selbstverständlich nur vermittelst äusserer auf das Skelet wirkender Kräfte möglich. Sie werden durch den vierköpfigen Streckmuskel des Kniees und durch den Wadenmuskel und Musc. soleus, die den Fuss strecken, ausgeführt. Bei der activen Beugung des Beines, um die Pendelschwingung möglich zu machen, wirkt wieder der Wadenmuskel, der das Knie etwas beugt.

Der Rumpf, welchen der Luftwiderstand stets in

seiner Vorwärtsbewegung verzögert, wird etwas nach vorwärts geneigt, und zwar um so mehr, je rascher die Gangbewegung ist.

H. Meyer hat auch die **Mechanik des Sitzens** mit Rücksicht auf die für die Gesundheitspflege so wichtige Schulbankfrage einer genaueren Analyse unterzogen.

Meyer nennt die ideale Linie, mit welcher wir die beiden Sitzbeinhöcker verbinden können, Sitzhöckerlinie. Diese Linie ruht zunächst immer bei dem Sitzen auf dem Sitze auf. Um dem Sitze mehr Festigkeit zu verleihen, stützt sich der Körper ausser auf die Sitzhöckerlinie noch auf weitere Puncte, welche entweder vor oder hinter der betreffenden Linie liegen. Je nach der Lage dieser accessorischen Berührungspuncte vor oder hinter der Sitzhöckerlinie, wird auch die Schwerlinie des Rumpfes entweder vor oder hinter diese Linie fallen. Meyer unterscheidet danach zwei Sitzarten, die eine als vordere, die andere als hintere Sitzlage. Die beiden Sitzbeinhöcker, Tubera ischii, sind an ihrer Oberfläche, mit der sie auf dem Sitze aufruhen, convex gekrümmt, sodass der Oberkörper auf ihnen wie ein Schaukelpferd auf seinen Kufen sich vor- und rückwärts rollen kann.

Bei der vorderen Sitzlage ruhen ausser der Sitzhöckerlinie auch noch die Schenkel auf dem Sitze auf, es entsteht dadurch eine breite (viereckige) Basis für den Rumpf. Bei dem Sitzen auf niedrigen Schemeln berühren die Schenkelunterflächen den Sitz nicht, hier bilden die Füsse, wo sie den Boden berühren, die accessorischen Stützpuncte; auch auf diese Weise entsteht eine breite (viereckige) Basis. Die Schwerlinie fällt dabei normal stets vor die Sitzhöckerlinie, der Rumpf neigt sich etwas vor, um so mehr, je niedriger der Sitz ist. Seine aufrechte Stellung muss durch Muskelaction erhalten werden: bei übermüdeten Personen fällt bei dieser Sitzlage der Kopf schliesslich auf die Kniee (Nicken der im Sitzen Schlafenden). Die Muskeln, welche das Vorfallen des Rumpfes, welches schon in etwas die Reibung der Sitzhöcker auf ihrer Unterlage erschwert, verhindern, sind die gespannten Beugemuskeln des Kniegelenkes, welche vom Tuber ischii entspringen. Ihre Betheiligung ist mehr passiv. Die Kürze dieser Muskeln verhindert bei gestreckter Lage des Unterschenkels eine stärkere Vorbeugung im Hüftgelenke; noch stärker wirkt in dieser Richtung ein Uebereinanderschlagen der Beine. Activ halten den Rumpf die Streckmuskeln im Hüftgelenke aufrecht, deren Ermüdung wir auch bei längerem Sitzen vor allem fühlen.

Die durch anhaltendes Sitzen erfolgenden Störungen sind für Kinder vor allem die daraus entstehende Neigung zu Verkrümmungen der Wirbelsäule (Scoliosen). Durch die vordere Sitzlage wird, am stärksten bei muskelschwachen, jugendlichen Individuen, die Wirbelsäule concav nach vorne gebeugt. Diese Beugung kann entweder activ durch die Wirkung der Streckmuskeln des Rumpfes vermieden werden, die bei Geradesitzen darum ebenfalls ermüden, oder passiv, indem wir dem Rumpfe eine stützende Unterlage durch Auflegen der Ellbogen auf eine hohe Stuhllehne oder den Tisch ertheilen. Ist der Stuhl sehr niedrig und der Tischrand hoch, so müssen zum Zwecke des Aufstützens die Schultern sehr hoch gehoben werden. Man stützt sich dann wohl nur mit einem (dem rechten) Ellbogen auf, dessen Schulter bedeutend gehoben wird, während der andere Ellbogen herabsinkt und mit

ihm die dazu gehörige Schulter. Es leuchtet ein, wie durch eine solche einseitig schiefe Stellung bei jugendlich bildsamem Knochengerüste, eine seitliche Wirbelsäulenverkrümmung entstehen muss; die Wirbelsäule ist bei der betreffenden Haltung nicht unbedeutend convex nach rechts ausgebogen.

Die (natürliche) hintere Sitzlage benützt als hinter der Sitzhöckerlinie gelegenen accessorischen Stützpunct die Spitze des Kreuzbeins. Dabei bekommt der Rumpf eine sehr bedeutende Beugung nach hinten. Wollen wir in dieser Sitzlage an einem Tische arbeiten, so muss sich der Rumpf stark nach vorne concav überbiegen, woraus der oben angedeutete Uebelstand in erhöhtem Maasse eintreten muss. Dadurch, dass man dem Sitze eine kurze Lehne giebt, an welche sich der Rumpf mit dem letzten Lendenwirbel oder mit dem oberen Ende der Hüftbeine schon bei geringerer Beugung lehnen kann, ehe die Spitze des Kreuzbeines den Sitz berührt, kann diese (künstliche) hintere Sitzlage zu einer möglichst angenehmen gemacht werden. Doch müssen auch hier noch die Lendenmuskeln die aufrechte Stellung der Wirbelsäule erhalten. Durch Hintenüberbeugen, »Strecken« können wir diese Muskeln vollkommen erschlaffen, daher das wohlthätige Gefühl des Streckens nach langem Sitzen. Die kurze Rücken- (Kreuz-) Lehne lässt die betreffenden Muskeln möglichst wenig ermüden. Sie gestattet dabei die grösste Beweglichkeit des Rumpfes und ein zeitweiliges Aufstützen der Ellbogen, um auch die Wirbelsäulenmusculatur ausruhen zu lassen. Die hohe gerade Lehne ist unzweckmässig, weil sie den am meisten stützbedürftigen Puncten des Rumpfes keine Unterstützung gewährt; es tritt bei Ermüdeten ein (nach vorne concaves) Zusammenknicken der zwischen den weit auseinander liegenden Stützpuncten gelegenen Theile der Wirbelsäule ein, in vielen Fällen mit einer Tendenz zum nach vorne rutschen.

Meyer räth, vor allem die (künstliche) hintere Sitzlage mit Benützung der kurzen Rückenlehne zum Sitzen an Arbeitstischen und Schulbänken zu verwenden. Es muss dabei aber der Stuhl dem Tische sehr nahe stehen, und letzterer so niedrig sein, dass er ohne Erhebung der Schulter ein Auflegen der Ellbogen gestattet. Auf diese Weise würde einer der Hauptgründe für an der Schulbank erworbene Wirbelsäuleverkrümmungen wegfallen. —

Wir haben damit den Bau und die Bewegungsmöglichkeiten der menschlichen Kraftmaschine unserer Betrachtung unterworfen und unser Augenmerk sogleich auch auf einige der Hauptbewegungen des Körpers selbst gerichtet. Offenbar ist die Ortsbewegung die wichtigste Thätigkeit des ganzen Körpers, ihr ist die Hauptsumme der Organe, die Hauptmasse des gesammten Körpers gewidmet. Staunenswerth ist die Einfachheit des Bewegungsprincipes, sowie der Hülfsmittel, durch welche so kraftvolle und geschwinde Bewegungen ausgeführt werden können mit so geringem Aufwande äusserer Bewegungskräfte. Die Glieder der Menschen sind für die Ortsbewegung so zweckmässig eingerichtet, dass er nach Versuchen durch keine andere Art der Krafterzeugung mehr zu leisten vermag als durch ihre Benützung zu diesem Zwecke. So wird uns das überraschende Resultat der Tabelle klar, mit der wir unsere Besprechungen dieses Kapitels begannen, dass der Mensch am Tretrade so weit mehr Arbeit zu leisten vermag als an der Kurbel. Im ersteren Falle ist die Arbeit vorzüglich den unteren Extremitäten übertragen und zwar leisten sie

diese in der für sie am vortheilhaftesten erkannten Weise der Locomotion des Körpers.

Es ist nicht schwer sich einen Begriff davon zu machen, in welcher Weise durch Ortsbewegung des Körpers Arbeit geleistet wird.

Nehmen wir z. B. an, ein Mann von 70 Kilogr. Körpergewicht habe einen Berg von 2000 Meter erstiegen, so heisst das offenbar Nichts weiter, als dass er sein Gewicht von 70 Kilogr. auf die angegebene Höhe gehoben habe, d. h. er hat 140000 Kilogrammmeter Arbeit geleistet. Diese Arbeitsgrösse würde auf das Doppelte steigen, wenn er eine Last, die seinem Körpergewicht gleich wäre, mit sich auf dem Rücken emporgetragen hätte; sie würde seine Arbeitsleistung an der Kurbel weitaus übertreffen: 184320 : 280000. Bei der Leistung im Tretrade kommt noch eine Arbeit der oberen Extremitäten hinzu, wodurch dieselbe so hoch gesteigert wird: 345600.

Die Gebrüder Weber geben eine Formel an, nach der die bei dem Gehen auf horizontalem Wege geleistete Arbeit für einen erwachsenen Körper berechnet werden kann.

Danach berechnet sich für einen Mann die Arbeitsleistung für eine Stunde Weges auf horizontalem Boden auf 25000 Kilogrammmeter. In 8 Gehstunden würden somit etwa 200000 Kilogrammmeter Arbeit durch die Ortsbewegung des Körpers geleistet, etwa die gleiche Grösse wie sie in der citirten Tabelle für den Göppel verzeichnet ist.

Neunzehntes Capitel.

Die Mechanik der Muskeln.

Allgemeine Wirkungsweise der Muskeln und ihr Bau.

Die Bewegungsmöglichkeit des menschlichen Organismus ist durch die starren Gerüsttheile des Skeletes gegeben, dessen mechanische Einrichtungen Stellungsveränderungen der einzelnen Knochen gegen einander erlauben oder verbieten.

Es ist nicht unmöglich, die an dem menschlichen Körper zur Erscheinung kommenden Locomotionen und Bewegungen allein mit Berücksichtigung der Skeleteinrichtungen zu verstehen. In unserer Darstellung dieser Verhältnisse stiessen wir dabei jedoch vielfältig auf die Nothwendigkeit, äussere auf das Knochengerüste einwirkende Kräfte zur Erklärung der Bewegungen zu Hülfe zu nehmen. Die Kraftwirkungen, denen wir dabei begegneten, beschränkten sich auf Stellungsveränderungen der Gelenke gegen einander und waren der Hauptsache nach als Streck- und Beugebewegungen zu bezeichnen. Wir sahen so bei dem Mechanismus des Gehens z. B. das Fortstossen des Rumpfes in einer horizontalen Linie auf ebenem Boden durch die active Wirkung zweier in verschiedener Richtung gekrümmter Gelenke hervorgebracht; das Pendeln des passiven Beines wurde durch eine active Beugung in den Gelenken und die damit gegebene Verkürzung des Beines ermöglicht.

Wir werden somit bei der Betrachtung der Mechanik der Bewegungen des menschlichen Körpers, dahin geführt, nach den die passiven, starren Maschinentheile activ bewegenden Kräften und ihrer Wirkungsweise zu fragen.

Bei der Zergliederung des Menschenleibes stossen wir auf eine enorme Anzahl massiger, roth gefärbter, elastischer Bänder, welche von der verschiedensten Form und Grösse sich in den verschiedensten Richtungen mit den Knochen verbunden zeigen: es sind die Skeletmuskeln, welche beinahe die Hälfte, etwa 45 % der gesammten Masse des Körpers ausmachen, und die Mehrzahl der Knochen fast vollkommen in ihre Fleischmassen einschliessen. Sie sind die eigentlich activ bewegenden Organe, in ihren Eigenschaften, in ihrer Anordnung müssen wir alle die Momente realisirt finden, welche zu den ausgiebigen Bewegungen, zu den zweckmässigen Stellungsänderungen der Knochen gegen einander nöthig sind, welche wir bisher im Allgemeinen schon kennen gelernt haben.

Die Muskeln sind elastische Bänder. Sie entfalten dadurch eine Wirksamkeit, die eine Bewegung der Maschinentheile hervorruft, dass sie unter bestimmten Verhältnissen einer wesentlichen Gestaltsveränderung, der Contraction fähig sind, welche sich im Ganzen als ein Kürzer- und Dickerwerden charakterisiren lässt. Alle Muskeln sind im Stande sich zusammenzuziehen, zu contrahiren, sich in ihrer Längsrichtung zu verkürzen. Dadurch dass der Muskel abwechselnd in den verkürzten und wieder in den verlängerten (nicht verkürzten) Zustand überzugehen vermag, können durch ihn abwechselnde Bewegungen der durch Gelenke verbundenen Skeletabschnitte hevorgerufen werden.

Die Anordnung der Muskeln ist stets eine solche, dass sie nur an ihren beiden Enden — dem Ursprung und Ansatz — an Knochen befestigt sind, doch in der Art, dass sie dabei stets ein, seltener zwei Gelenke überspringen. Sie verwandeln dadurch die Knochen in Hebel. Die Mehrzahl dieser Hebel sind einarmige, d. h. der Angriffspunct des Muskels befindet sich auf derselben Seite des Drehpunctes wie der Angriffspunct der Last. Meist liegt der Angriffspunct des Muskels dabei dem Drehpunct des Hebels sehr nahe, sodass der Muskelhebelarm weit kürzer ist als der der Last, wodurch für die Hebung verhältnissmässig schwerer Lasten ein bedeutenderer Kraftaufwand nöthig wird als im umgekehrten Falle. Die Hebung der Lasten kann dafür im Gegensatze mit um so grösserer Geschwindigkeit ausgeführt werden, die Knochen werden durch ihre Muskeln in sogenannte Geschwindigkeitshebel verwandelt. Die Beweglichkeit des Körpers wird durch diese Art des Ansatzes in hohem Maasse befördert.

Im Allgemeinen lässt sich die Wirkungsweise der Muskeln auf ihre Hebel als die einer linearen Zugkraft auffassen. Wir können zum leichteren Verständnisse der Wirkungsweise eines bandartigen Muskels uns diesen reducirt denken auf eine Linie, welche die Ansatzpuncte mit einander verbindet. Die Wirkung findet nun immer in der Art statt, dass durch die Verkürzung dieser Linie der Ansatzpunct des Muskels an einem beweglichen Hebel, dem Ursprungspuncte, der an einem entweder absolut festen oder durch anderweitige Einwirkungen fest gestellten Theile des Skeletes sich findet, genähert wird.

Die Wirkung einer solchen linearen Zugkraft wird vor allem nach den mechanischen Gelenkeinrichtungen modificirt werden müssen; alle Hemmungsmechanismen, die wir an den Gelenken kennen gelernt haben, kommen bei den einzelnen Gelenkstellungen zur Wirksamkeit; überdiess werden sich die Wirkungen auch noch modificiren nach der Richtung, unter welcher die Zugkraft angreift.

Denken wir uns zuerst ein einfaches Scharniergelenk, auf welches eine lineare Zugkraft einwirkt. Es lässt ein solches, wie wir gesehen haben, nur Beugung und Streckung in zwei einander entgegengesetzten Richtungen zu, deren Ausgiebigkeit noch durch die speciellen Gelenkeinrichtungen beschränkt wird. Die Muskeln laufen zum grossen Theile den Knochen parallel. Denken wir uns das Gelenk gestreckt, sodass beide beweglich verbundenen Knochen in einer geraden Linie mit einander liegen, und lassen nun eine Zugkraft in Wirksamkeit treten, die die Knochen gegen einander beugen wollte, so sehen wir auf den ersten Blick, dass unter Umständen die Gesammtkraft nicht zu einer

Stellungsveränderung der Knochen gegen einander sondern nur zur Zusammenpressung der Gelenkenden verwendet werden könnte, der Muskel zieht ja in der gegebenen Richtung der Knochen, diese senkrecht gegen einander. Anders wäre es, wenn die Zugkraft nicht parallel mit den Knochen sondern unter irgend einem Winkel auf sie wirken würde. Wir können uns den Fall denken, dass dann gar kein Zusammenpressen der Gelenkenden zu Stande käme, dass alle Kraft zur Stellungsveränderung verbraucht werden könnte. Sind die Knochen einmal etwas gegen einander gebeugt, so leuchtet es ein, dass dieser zweite gedachte Fall immer mehr und mehr zur Wirksamkeit kommt.

Aus dieser Darstellung geht sogleich einfach hervor, wie verschieden die Muskelwirkung je nach den schon eingeleiteten gegenseitigen Stellungen der zu bewegenden Knochen ausfallen muss. Zu Anfang einer Bewegung aus der gestreckten Lage in die gebeugte und umgekehrt zu Ende einer Umwandlung einer Beugung in einer Streckung wird die Hauptsumme der Kraft zum Zusammenpressen der Gelenkenden; am Ende der Beugebewegung, am Anfang der Streckbewegung wird sie zur Stellungsveränderung der Knochen benützt werden.

In der Natur ist der Muskelansatz an den Knochen stets in der Art modificirt, dass ein wirklich paralleles Angreifen der Zugkraft nicht eintreten kann. Die Muskeln setzen sich nämlich stets an Knochenvorsprünge an oder gehen über solche vor ihrem Ansatz weg, sodass diese als Rollen wirken und den Ansatz wesentlich verbessern, wodurch sogleich ein ansehnlicherer Theil der Muskelwirkung eine Stellungsveränderung des Gelenkes veranlasst.

Nach diesen Gesichtspuncten lässt sich das Resultat jeder Muskelverkürzung auf das Skelet leicht anschaulich machen. Es finden sich viele Muskeln, die so angeordnet sind, dass bei ihrer gleichzeitigen Contraction das betreffende Gelenk keine Stellungsveränderung eingeht, man nennt solche Muskeln: Antagonisten, sie paralysiren sich gegenseitig in ihren Wirkungen.

Die Bewegung in reinen Scharniergelenken ist stets nur Beugung und Streckung, also Drehung um die Gelenkaxe. Bei den Kugelgelenken ist die Beweglichkeit eine weit vielseitigere. Doch lassen sich auch ihre Stellungsveränderungen auf Beuge- und Streckbewegungen reduciren, wenn wir uns durch den Drehpunct des Gelenkkopfes nach verschiedenen Richtungen lineare Axen gelegt denken. Um diese Axen lassen sich dann Beugungen und Streckunausführen, die in ihrem Zustandekommen sich nicht wesentlich von denen in Scharniergelenken unterscheiden. Nur durch die grosse Anzahl der Axen wird das Resultat ein complicirteres. Analog ist es bei allen anderen wahren Gelenkformen, die sich mehr den Scharnieren oder mehr den Kugelgelenken anschliessen. Die Art der Muskelwirkung ist stets die gleiche.

Ihrem gröberen Bau nach sind die Muskeln aus der eigentlichen rothen Fleischmasse, die aus Längs- oder Querbündeln besteht, zusammengesetzt; die einzelnen Bündel werden durch manchmal Fettzellen enthaltendes Bindegewebe getrennt oder vielmehr zusammengehalten (Fig. 139, 140). Das Bindegewebe ist hier wie an allen Orten der Träger der Blutgefässe, deren gröbere Verbreitung in den Muskeln keine charakteristischen Eigenthümlichkeiten zeigt. Die Fleischbündel selbst bestehen mikroskopisch aus jenen uns bekannten

Muskelprimitivbündeln, oder Muskelschläuchen, die in ihrem zähflüssigen Inhalt eine deutliche Querstreifung erkennen lassen (Fig. 141), (Fig. 17, S. 18). Auch diese letzten Muskelelemente, welche vielfältig von der Länge des ganzen Muskels sind, manchmal mit ziemlich scharfer Spitze endigen, ehe sie das Ende des Muskels erreicht haben, sind in zartes Bindegewebe eingekittet; in diesem verzweigen sich die letzten Muskelcapillaren in sehr regelmässiger Weise. Das Capillarnetz besitzt rechteckige Maschen, deren längere Seite der Längsaxe des Muskelprimitivbündels parallel laufen (Fig. 142).

Fig. 139. (*F.*)



Querschnitt des menschlichen Biceps brachii. *a.* Die Muskelfäden; *b.* Querschnitt eines grösseren Gefässes; *c.* eine Fettzelle in einem grösseren bindegewebigen Zwischenraume; *d.* Haargefässdurchschnitte in der dünnen Bindegewebsschicht zwischen den einzelnen Fäden; *e.* die Kerne derselben, dem Sarcolemma anliegend.

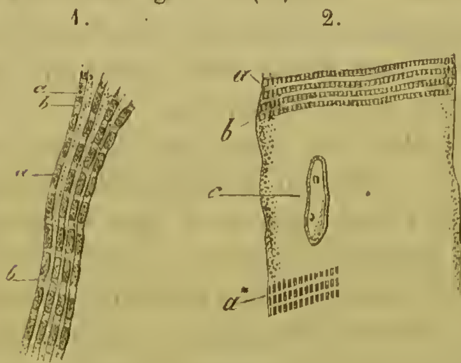
Fig. 140. (*F.*)



Von Fettzellen durchwachsener menschlicher Muskel. *a.* Musculöse Fäden. *b.* Reihen der Fettzellen.

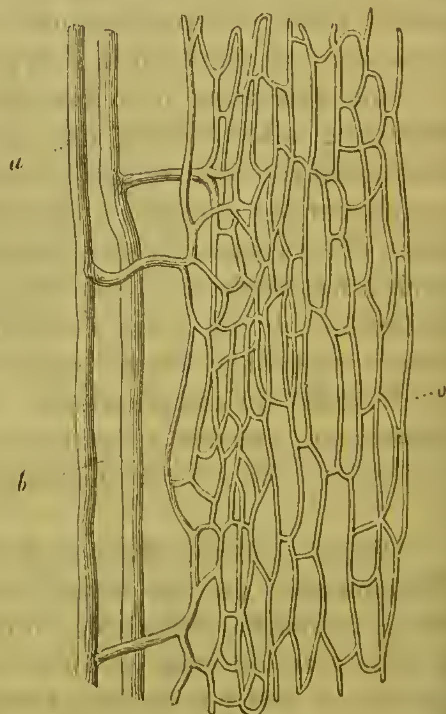
Die kürzeren, die längslaufenden Gefässchen quer mit einander verbindenden Capillaren, stehen senkrecht auf die Längenaxe der Primitivbündel; so unterscheidet man also längs- und quergerichtete Capillaren, welche ein reiches, sehr feines Netz von Gefässen darstellen, das von keinem anderen Capillargeflechte an Regelmässigkeit übertroffen wird, und die mikroskopischen Muskelelemente reichlich mit Blut versorgt. Die Muskel-

Fig. 141. (*F.*)



Zwei Muskelfäden, vom Proteus 1, und Schwein 2, bei 1000facher Vergrösserung (ersterer Alkoholpräparat, letzterer mit Essigsäure von 0,01% behandelt). *a.* Fleischtheilchen. *b.* helles Längsbindemittel. Bei *a** sind die Sarcous elements von einander entfernter und das Querbindemittel sichtbar. *c.* Kern.

Fig. 142. (*K.*)



Capillargefässe der Muskeln, 250 mal vergr. *a.* Arterie, *b.* Vene, *c.* Capillarnetz.

capillaren gehören zu den feinsten des ganzen Körpers, sie sind von 0,002 bis 0,003''' breit.

Die Muskeln selbst laufen an ihren beiden Enden in die Sehnen und Fascien aus, mit denen sie vom Knochen entspringen und sich an ihm ansetzen. Diese bestehen aus festem, elastischem Bindegewebe, und sind im mechanischen Sinne nichts Anderes als zähe, wenig dehnbare Stränge, welche den breiten Querschnitt des eigentlichen, fleischigen Muskels auf einen weit kleineren zurückführen, wodurch es möglich wird, sehr voluminöse Muskelmassen in ihrer Wirkung auf sehr kleine Ansatzstellen zu beschränken. Zugleich übertragen sie, wenn sie eine bedeutendere Länge besitzen, wie bei den die Hand und den Fuss bewegenden Muskeln, die Muskelzüge auf entferntere Puncte. Durch ihr geringes Volumen sind sie besonders da verwendet, wo es wie bei den Fingern nothwendig war, die Skeletsgrundlage der Glieder nicht durch Muskelmassen zu umhüllen, um den Organen eine geringe Dickenausdehnung zu geben, die ihre Beweglichkeit möglichst wenig beschränkt. Dadurch, dass sie, wie schon erwähnt, vor ihrem Ansatz über Knochenrollen und ähnlich wirkende Vorsprünge hingehen, modificiren sie in zweckentsprechender Weise die primäre Zugrichtung der Muskeln. Ihre Zugrichtung wird bestimmt noch überdiess durch die festen Sehnenscheiden, durch welche sie hindurchlaufen, die ihnen eine unveränderliche Lage anweisen. Die Bewegung in den Scheiden wird durch ihren inneren Synovialüberzug, durch die zähe Flüssigkeit, welche die Wände glatt und schlüpfrig erhält, der Gelenkschmiere analog, ohne starke Reibung ermöglicht.

Im Gegensatz zu den Sehnen übertragen die breiten Fascien die Muskelwirkung auf breite Flächen. Theilweise dienen sie auch zur Vervielfältigung der Ansatzpuncte der Muskeln.

Die Muskelprimitivschläuche gehen, wie sich erwarten lässt, nicht direct in die Sehnen über. Sie endigen am Sehnenansatz blind; nur das Sarcolemma und das Bindegewebe zwischen den Muskelbündeln (Fig. 143.), das Perimysium steht in directer Continuität mit der Sehne.

Fig. 143. (*F.*)



Zwei Muskelfäden (*a. b*) nach Behandlung mit Kalilauge. Der eine noch in Verbindung mit dem Sehnenbündel (*c*), der andere von demselben (*d*) abgelöst.

Die Sehnen sind so wenig dehnbar, dass sie in dieser Beziehung im Gegensatze zu den Muskeln noch zu den starren Maschinentheilen, an welchen die Zugkraft der Muskeln angreift, gezählt werden müssen. Sie vermitteln es mit, dass die Muskelkraft, welche überall in gleicher Weise in Wirksamkeit tritt, in zweckentsprechender Art verwendet werden kann. Sie sind in dieser Beziehung den Uebertragungsbändern und Seilen analog, mit deren Hülfe die Mechanik die rohe Kraft ihrer Dampfmaschinen z. B. auf entferntere Plätze überträgt, wodurch es ihr möglich wird, dieselbe Kraft zur Bewegung der verschiedenartigsten Maschinen zu verwenden.

Die mechanischen Grundbedingungen nun, auf welchen die Leistungen der Muskeln beruhen, sind vor allem zwei:

Die active Beweglichkeit des Muskels, sein Contractionsvermögen; die passive Beweglichkeit desselben, seine Elasticität.

Die Elasticität und Dehnbarkeit der ruhenden Muskeln.

Da die Knochen allseitig von Muskeln umgeben sind, so würde, vorausgesetzt dass die Muskeln im ruhenden Zustande nicht dehnbar wären, keine Bewegung stattfinden können. Es ist die Grundbedingung für die Ausführung von Bewegungseffecten von Seite eines aus der Zahl der den Knochen umlagernden Muskeln, dass die übrigen ruhenden Muskeln dehnbar seien, um sich der Veränderung der Stellung der Knochen gegeneinander anzupassen.

Die Muskeln besitzen diese Eigenschaft in hohem Grade, sie sind aber nicht nur sehr dehnbar sondern auch ebenso elastisch (E. Weber). Wenn man an einen ausgeschnittenen, längsfasrigen Muskel ein Gewicht anhängt, so dehnt er sich sehr bedeutend aus, kehrt aber nach dem Aufhören der Wirkung der dehnenden Kraft wieder vollkommen zu seiner ursprünglichen Länge zurück.

Es leuchtet ein, dass mit dieser grossen Elasticität des Muskels eine bedeutende Arbeitsersparung im Organismus gegeben ist. Bei der activen Bewegung der Muskeln werden ihre Antagonisten stark gedehnt. Die Rückführung der aus ihrer Ruhelage gebrachten Knochen in diese erfordert nun der Elasticität der Muskeln wegen keinen weiteren Kräfteaufwand; sie wird neben der Wirkung der Schwere lediglich durch die elastische Wirkung des gedehnten Muskels erreicht, der seine natürliche Länge wieder anzunehmen strebt, sobald der dehnende Zug nachlässt.

Die Wirkung eines dehnenden Zuges auf den Muskel, z. B. das Anhängen von Gewichten an einen ausgeschnittenen Muskel ist der Zeit nach verschieden. Sowie der Muskel belastet wird, dehnt er sich momentan sehr bedeutend aus, aber erst nach und nach nimmt er die vollkommene Verlängerung an, die der angewendeten Zugkraft entspricht. Man kann sonach eine starke momentane Anfangsdehnung und eine weit geringere und später eintretende Schlussdehnung unterscheiden. Analog ist die Wirkung der elastischen Kräfte, welche den Muskel nach dem Nachlassen des Zuges wieder zu seiner natürlichen Länge zurückbringen. Der Muskel verkürzt sich zuerst sehr rasch und dann sehr allmählich, sodass er erst nach Verlauf einer längeren Zeit seine Verkürzung vollendet hat. Aehnlich verhalten sich alle organischen Körper z. B. Seidenfäden. Ebenso wie bei diesen nimmt die Dehnbarkeit des Muskels ab, wenn er schon eine Ausdehnung erlitten hat. Das doppelte oder dreifache etc. Gewicht, dehnt ihn nicht um die doppelte oder dreifache etc. Länge. Ein gleiches Gewicht bringt eine um so geringere Dehnung hervor, je mehr der Muskel bereits gedehnt ist. Ueber ein bestimmtes Maximum ist der Muskel nicht mehr dehnbar, er zerreisst dann endlich, wenn die Zugkraft noch bedeutender gesteigert wird. Er verhält sich darin qualitativ ebenso wie die elastischen Bandapparate der Gelenke, welche nachdem sie eine Dehnung bis zu einem gewissen Grad erlitten haben, nun sich jeder weiteren Ausdehnung starr widersetzen. Freilich ist quantitativ die Ausdehnbarkeit des Muskels eine weit grössere als die der Bänder, Sehnen und Kapselmembranen.

Bedeutsamer als diese Verhältnisse, welche wir eben besprochen, ist die Art, in welcher die eigene Elasticität des Muskels zur Arbeitsersparung bei seiner Contraction verwendet ist. Die Muskeln sind im lebenden Körper so an ihre Knochen befestigt, dass sie dadurch etwas über ihre natürliche Länge gedehnt werden; so kommt es, dass sie bei dem Lostrennen von ihren Ansatzpuncten etwas zurückschnellen, dass die Muskelwunden klaffen. Der wesentliche Vortheil dieser Anordnung besteht darin, dass bei der eintretenden Contraction keine Kraft und Zeit für die Anspannung des vorher schlaffen Muskels verloren geht, sondern dass durch sie sofort Bewegungen in den betreffenden Knochen eingeleitet werden können.

Die Contractilität des Muskels.

Noch weit wichtiger als seine Elasticität ist die a c t i v e C o n t r a c t i l i t ä t des Muskels, die Eigenschaft, welche ihn zur Arbeitsleistung befähigt. Der Vorgang ist schon im Allgemeinen charakterisirt. Das Kürzer- und Dickerwerden des Gesammtmuskels lässt sich auch an seinen einzelnen Primitivcylindern nachweisen. Während der Ruhe sind diese an ausgeschnittenen Muskeln im Zickzack gebogen oder geschlängelt, reizt man sie unter dem Mikroskop auf elektrischem Wege zur Zusammenziehung, so sieht man sie sich sehr plötzlich geradestrecken unter Verminderung ihrer Länge und Vergrösserung ihres Querschnittes. Ed. Weber beobachtete, dass dabei die Querstreifung deutlicher und schärfer erscheine, indem die einzelnen Disdiaklastenreihen, die Querstreifen näher an einander rücken.

Die Verkürzung, welche der Muskel dadurch erleidet, ist im Maximum um $^5/_6$ der Länge des ruhenden (Weber).

Es ist leicht einzusehen, wie durch eine derartige Verkürzung Arbeit geleistet werden kann. Sehen wir von der normalen Verbindung der Muskeln mit den Knochenhebeln ab und denken wir ihn uns ausgeschnitten an einem Ende aufgehangen, am anderen mit einem Gewichte beschwert, das auf irgend eine Weise an ihm befestigt wurde, so wird er durch seine Verkürzung das Gewicht zu heben vermögen und damit im einfach mechanischen Sinne Arbeit leisten: die sich als Product des gehobenen Gewichtes mit der Hubhöhe ausdrücken lässt, d. h. wenn p = der Last, h = der Hubhöhe, so würde die Arbeit = $p\,h$ sein. Es leuchtet ein, dass schon das Heben des Gewichtes des unbelasteten Muskels selbst auf die Hubhöhe als Arbeit zu bezeichnen ist, die zur geleisteten Arbeit addirt werden muss, um die Gesammtarbeit des Muskels bei dem Heben des Gewichtes zu finden. Es ergiebt sich leicht aus der Anschauung, dass die gesuchte Grösse das Product des Muskelgewichtes $= P$ mit der halben Hubhöhe $= \frac{h}{2}$ ist. Wir bekommen somit für die geleistete Gesammtarbeit die Formel:

$$\frac{P\,h}{2} + p\,h = \left(\frac{P}{2} + p\right) \cdot h;$$

Bei Hebung von grossen Lasten kann das Muskelgewicht vernachlässigt werden, man hat dann für die Arbeit die einfachere Formel: $p\,h$.

Jeder Muskel ist aller möglichen Grade der Verkürzung fähig bis zu einem für jeden individuell nach der Stärke seiner Lebenseigenschaften verschiedenen Maximum, das er nicht mehr zu überschreiten vermag. Es schwankt dieses zwischen 65 und 85 pCt. der Länge des ruhenden Muskels. In dem Körper sind die Muskeln derart angeheftet, dass keiner das Maximum seiner Verkürzung erreichen kann; auch bei der durch die Gelenkeinrichtungen gestatteten grösstmöglichen Verkürzung beträgt diese immer nur einen kleinen Bruchtheil der natürlichen Länge. Die Muskeln sind überall so nahe an dem Drehpuncte der Hebel, die sie bewegen, angesetzt, dass schon eine geringe Verkürzung das Maximum der Drehung, welche die Einrichtung des Gelenkes gestattet, bewirkt. Die Bewegungen werden so mit möglichst geringem Kraftaufwande ermöglicht.

Der Muskel vermag durch seine Contraction verhältnissmässig grosse Widerstände zu überwinden, bedeutende Gewichte zu heben. Doch geht auch diese Fähigkeit nicht über ein bestimmtes Maximum hinaus. Ist das Gewicht zu schwer, so vermag der Muskel dasselbe gar nicht zu heben. Weniger schwere vermag er zwar noch zu heben aber auf eine mit zunehmendem Gewichte stetig abnehmende Höhe. Bei einem für jeden Muskel aus zu probirenden Gewichte bleibt, wenn der Muskel im selben Moment belastet und zur Contraction veranlasst wird, Alles in Ruhe. Diese Grösse trägt nach Weber den Namen: absolute Muskelkraft. Sie ist dem grössten Querschnitt des Muskels proportional. Um vergleichbare Zahlen zu gewinnen berechnet man sie auf 1 □Cm. Muskel. Für 1 □Cm. des Hyoglossus des Frosches ergiebt sich 692,2 Gramm, bei dem Menschen (Wadenmuskeln) 0,7 — 1 Kgrm. Es ergegen sich für diese Grösse, wie sich erwarten lässt, bei verschiedenen Individuen für denselben Muskel und bei verschiedenen Muskeln desselben Individuums sehr verschiedene Werthe. Valentin fand für den Frosch-hyoglossus 747 Gramm, für den Sartorius 1091, Gastrocnemius 1805 Gramm. Nach einer anderen Methode fanden Henke und Knorz die Grösse der absoluten Muskelkraft des Menschen im Mittel für die Armmusculatur zu 8,187 Kgr., für die Unterschenkelmuskeln zu nur 5,9 Kgr. für je 1 □ Cm.

Steigert man die Belastung über das Maass der absoluten Muskelkraft hinaus, so entsteht anstatt einer Verkürzung des Muskels eine Verlängerung, Dehnung desselben, die ihren Grund in der eigenthümlichen Eigenschaft des contrahirten Muskels besitzt, dehnbarer zu sein als der ruhende (Weber). Ein Nutzen dieser Eigenschaft für die Bewegung ist nicht abzusehen. Doch ist sie selbst nicht so ganz unverständlich, wenn wir bedenken, dass durch die Arbeitsleistung die Lebenseigenschaften des Muskels herabgesetzt ja endlich gänzlich vernichtet werden können. Die normale Elasticität gehört zu den Lebenseigenschaften des Muskels, welche mit allen anderen durch die Thätigkeit, in Folge gewisser weiter unten zu beschreibenden Moleculaänderungen, beeinträchtigt wird.

Wenn man verschieden lange und dicke Muskeln desselben Organismus auf ihre Leistungen untersucht, so ergiebt sich dafür ein sehr einfaches Gesetz: ein Muskel kann um so grössere Lasten auf eine bestimmte Höhe heben, je grösser sein Querschnitt ist; eine bestimmte Last hebt er auf eine um so bedeutendere Höhe je länger er ist. Das letztere ist direct aus der Anschauung

klar. Bei einem längeren Muskel wird das Maximum seiner Verkürzung einen absolut grösseren Werth besitzen als bei einem kürzeren. Umgekehrt ist der dickere Muskel aus einer grösseren Anzahl von Muskelprimitivcylindern zusammengesetzt, die alle als Einzelkräfte wirken. Je mehr gleichzeitig in Thätigkeit versetzt werden, desto grösser muss die daraus resultirende Leistung ausfallen.

Die Muskelleistung findet statt während des Ueberganges des Muskels aus seinem verlängerten (ruhenden) Zustand in den verkürzten. Es war somit von einschneidender Wichtigkeit, dass Helmholtz diesen Vorgang der Verkürzung mit den schärfsten Hülfsmitteln, welche der experimentellen Physiologie zu Gebote stehen, einer Untersuchung unterwarf.

Alle Muskeluntersuchungen, die wir bisher genannt haben, sind an quergestreiften, Skeletmuskeln angestellt worden. Ueber die Contraction der glatten Muskelfasern hatte Weber schon früher Untersuchungen angestellt, welche zu dem Resultate geführt hatten, dass sich die beiden Muskelarten in dieser Beziehung, wie es schien, sehr verschieden verhalten.

Lässt man einen die Muskeln zur Contraction erregenden Einfluss z. B. elektrischen Reiz auf quergestreifte Fasern einwirken, so scheint für das Auge des Beobachters der Erregungszustand des Muskels gleichzeitig mit dem Eintritt der Reizung einzutreten und wieder zu verschwinden, so wie der Reiz aufhört.

Anders sind die Verhältnisse bei glatten Muskelfasern z. B. an denen des Darmes. Bei diesen wird die Contraction erst eine merkliche Zeit nach dem Beginne der Reizung wahrnehmbar, steigert sich allmählich, dauert nach dem Aufhören des Reizes fort und geht allmählich erst wieder in Erschlaffung über.

Helmholtz löste die Aufgabe, die blitzschnell auf einen momentan einwirkenden Reiz entstehende und vergehende Muskelcontraction der quergestreiften Fasern, in die analogen Phasen zu zerlegen.

Es war von vorneherein nicht unwahrscheinlich, dass sich auch in dieser Beziehung nur quantitative Verschiedenheiten bei den beiden Muskelarten finden würden, da ja auch die Histologie keine scharfe Grenze zwischen den beiden Fasergattungen findet, da die glatte, organische Faser durch eine Reihe von Zwischenstufen in die quergestreifte, animale übergeleitet wird. Es war sonach anzunehmen, dass sich ebenso wenig wie im mikroskopischen Baue in dem physiologischen Verhalten absolute Unterschiede zeigen würden.

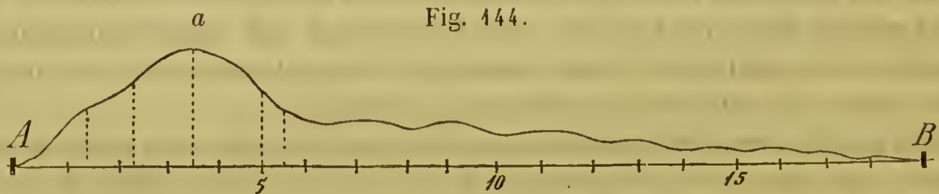
Das Princip der Untersuchungsmethode, welche Helmholtz anwendete, ist ungemein einfach. Befestigt man einen Muskel, der noch im Vollbesitz seiner Lebenseigenschaften ist, z. B. einen Gastrocnemius des Frosches, an seinem oberen Ende unbeweglich und stösst durch sein unteres Ende einen Stift senkrecht auf die Längenaxe des Muskels und bringt vor die Spitze des Stiftes eine senkrecht stehende, berusste Glastafel, sodass die Spitze die Tafel berührt, so wird bei einer Verkürzung des Muskels der gehobene Stift eine senkrechte Linie in den Russ einritzen, deren Höhe ein Maass für die eingetretene Verkürzung des Muskels abgeben kann. Bewegt man die bewusste Glastafel, während der Stift anliegt und der Muskel in Ruhe ist mit einer bestimmten Geschwindigkeit vorbei, so wird der Muskel vermittelst seines Stiftes eine gerade Linie auf der Tafel ziehen. Contrahirt sich der Muskel, während des

Vorbeiziehens der Tafel, so wird er nicht eine gerade Linie sondern eine Curve zeichnen, deren Verticalhöhe (die Ordinaten der Curve) bezogen auf die gerade Linie, die der ruhende Muskel gezeichnet hatte (die Abscisse) den Verkürzungsgrössen des Muskels in den verschiedenen Momenten der Contractionsdauer, deren horizontale Ausdehnung der Zeit, welche bei dem Vorüberziehen der Tafel verlief, proportional ist. Kennt man die Geschwindigkeit, mit welcher die Fläche bewegt wird, so dass man angeben kann: die Hälfte, ein Drittel oder irgend ein beliebiges Stück derselben bedarf zu seiner Vorbeibewegung am Stifte eine bestimmte Zeit, so kann man leicht den absoluten Werth eines beliebigen Stückes der horizontalen Abscisse berechnen.

In Helmholtz's Apparate, der den Namen Myographion führt, wird nicht eine Glastafel sondern ein berusster Glascylinder, der durch ein Uhrwerk in gleichbleibende Bewegung versetzt wird, an dem Schreibstift vorübergeführt, der nicht direct sondern erst durch eine Hebelübertragung mit dem Muskel in Verbindung steht, welche dafür sorgt, dass der Schreibstift stets an dem Cylinder schleift, und nicht durch die Contraction von ihm abgehoben werden kann. Eine weitere sinnvolle Einrichtung gestattet, den Punct am Cylinder genau zu bestimmen, an welchem der Schreibstift angekommen war, als der Reiz auf den Muskel wirkte, in Folge dessen er sich contrahirte. Der benützte Reiz war von verschwindend kurzer Dauer, der momentane Oeffnungsschlag der secundären Rolle eines Magnetelektromotor's, der in seiner Zeitdauer weit unter $^1/_{600}$ Secunde bleibt.

Die Curven, welche mit diesem Apparat gezeichnet werden, haben im Allgemeinen folgende Gestalt:

Fig. 144.



Die Linie AB (die Abscisse der Curve) entspricht der Zeit zwischen der im Moment A stattfindenden Contraction bis zum Wiedereintritt der völligen Ruhe bei B. Die einzelnen Abschnitte der Abscisse betragen etwa 0,03—0,04 Secunden. Die Gestalt der Curve gibt die Höhe an, bis zu welcher in jedem Zeitabschnitte der Muskel sich verkürzte, das Maximum der Verkürzung trifft auf den Punct a, bis zu welchem die Curve rasch ansteigt und von dem sie wieder weit langsamer abfällt, um endlich noch einer Reihe von kleineren Auf- und Abwärtsschwankungen in die Abscisse zurückzusinken. Die letzteren Curvenabschnitte, ihre Hebungen und Senkungen bedeuten keine neu eingetretenen schwächeren Contractionen, sondern sind Wirkungen der Elasticität des Muskels, der durch das Gewicht des Hebelapparates, das an ihm lastet, gedehnt wird.

Abgesehen davon lehrt die Beobachtung, dass unserer Voraussetzung entsprechend, die Contraction des quergestreiften Muskels in dem kurzen Zeitraum des Bruchtheiles einer Secunde, in etwa 0,8 Secunde ganz dieselben Phasen zeigt, die wir an den glatten Fasern beobachten können. Auch hier vergeht nach

der Einwirkung des momentanen Reizes eine kurze Zeit, in welcher der Muskel noch in seinem ruhenden Zustande verharrt, die Reizung bleibt noch in ihren Wirkungen latent — Zeit der latenten Reizung. Diese latente Reizung dauert etwa 0,02 Secunden. Erst jetzt beginnt der Muskel seine Contraction, welche allmählich das Maximum erreicht, um von da wieder nachzulassen und endlich ganz zu verschwinden.

Helmholtz bestätigte sein Resultat noch mit Hülfe einer anderen Methode. Volkmann zeigte, dass der Zuckungsvorgang im horizontal liegenden Muskel ganz in derselben Weise vor sich geht wie im aufgehängten, sodass das Resultat demnach von den speciellen Versuchsbedingungen unabhängig ist.

Die letztmitgetheilten Thatsachen lehrten uns, dass der Vorgang der Contraction der animalen Muskeln ungemein rasch verläuft; es kann zwar durch ihn ein Gewicht gehoben werden, aber die Leistung, welche so rasch eintritt, geht auch ebenso rasch wieder verloren. Diese blitzschnellen Contractionen können es offenbar nicht sein, mit Hülfe deren der menschliche Körper Lasten hebt, sich selbst in gemessenem Schritt vorwärtsbewegt. Zu all diesen Leistungen bedarf es weit andauerndere Contractionen als die sind, deren Verlauf das Myographion uns aufgezeichnet hat.

Man ist im Stande, auch solche langdauernde, tetanische Contractionen an ausgeschnittenen Muskeln hervorzurufen, wie die mit Hülfe deren der thierische Organismus arbeitet. Lässt man nicht nur einen rasch vorübergehenden Reiz auf den Muskel einwirken, sondern lässt man viele Reize (elektrische Schläge z. B.) sich so rasch folgen, dass die vom ersten hervorgerufene Zuckung beim Eintritt des zweiten noch nicht das Maximum erreicht hat, so setzen sich die Einzelerfolge der Reize zusammen, sodass eine stärkere und länger andauernde Zuckung — Tetanus — entsteht. Die Wirkung des zweiten Reizes erfolgt dann so (Helmholtz) als ob die Länge, welche der Muskel unter der Einwirkung des ersten Reizes bereits erlangt hatte, seine natürliche wäre, sodass er sich noch um einen entsprechenden Bruchtheil dieser verkürzt. Selbstverständlich nimmt dieser Verkürzungszuwachs für jede folgende einem folgenden Reiz entsprechende Verkürzung ab, sodass der Muskel schliesslich eine constante dem Tetanus entsprechende Form annimmt, welche durch grössere Dicken- und geringere Längenausdehnung sich von der Form des einfach contrahirten Muskels unterscheidet.

Während des Tetanus ist demnach der Muskel im Stande eine Zeit hindurch ein Gewicht auf einer bestimmten Höhe zu halten, oder einen länger andauernden Zug auf einen Hebelarm auszuüben, sodass dieser in einer bestimmten Stellung, solange die tetanische Contraction besteht, verharren kann.

So haben wir denn den mechanischen Theil der Arbeitsleistung des Organismus in den Hauptzügen durchgesprochen.

Wie einfach stellen sich nun die Verhältnisse, welche anfänglich so complicirt erschienen. Ueberall finden wir den gleichen Bewegungsmodus der passiv bewegten Maschinentheile. Stets sind es dieselben Muskelbänder, die durch ihre active Verkürzbarkeit, welche bedeutende Widerstände rasch zu überwinden vermag, gepaart mit einer grossen Elasticität und Dehnbarkeit, welche die nicht activ verkürzten Muskeln befähigt, allen Gestaltsveränderun-

gen der Gliedmassen sich anzuschmiegen, die sinnvollen Bewegungen ausführen, welche die mechanische Einrichtung der Gelenke gestattet.

Anhang.

Die Muskelbewegungen des Kehlkopfes und der Zunge:

Stimme und Sprache.

Allgemeine Betrachtung der Wirkung der Stimmbänder.

Es finden sich Wirkungen animaler, quergestreifter Muskeln im menschlichen Organismus, welche Nichts mit der Ortsbewegung zu thun haben. Wir hatten schon an anderen Orten Gelegenheit, von den Bewegungen und Verrichtungen einiger derselben z. B. des Herzens, der Schlundmuskeln etc. zu sprechen. Hier liegt es uns noch ob, die Leistung der Kehlkopf- und Zungenmuskeln zu betrachten, auf der eine der wesentlichsten menschlichen Eigenschaften: das Vermögen articulirte Laute und musikalische Töne hervorzubringen, beruht.

Das Stimmorgan, das musikalische Instrument des Menschen liegt in der Stimmritze. Sowohl Beobachtungen an lebenden Menschen als an ausgeschnittenen Kehlköpfen, zeigen deutlich, dass die Stimme in der Stimmritze gebildet wird. Befindet sich eine Oeffnung in der Luftröhre eines Menschen oder macht man eine solche bei einem Säugethier zu Behuf des Versuches, so kann keine Stimme mehr gebildet werden; diese Fähigkeit kommt zurück, sowie man die Oeffnung verschliesst. Eine Oeffnung über der Stimmritze hebt dagegen die Stimme nicht vollkommen auf; der Kehldeckel, die oberen Stimmbänder können fehlen und doch ist noch Stimme vorhanden.

Legt man die Stimmritze am lebenden Thiere blos, so kann man sich leicht davon überzeugen, dass die unteren Stimmbänder, welche die Stimmritze einschliessen, bei dem Tonangeben in Schwingungen gerathen. Die Entdeckung des Kehlkopfspiegels erlaubt es die Stimmbänder im Innern des normalen Organismus während ihrer Functionen zu beobachten; man erkennt leicht, dass sie bei dem Stimmgeben Schwingungen machen, die je nach der Stärke und Höhe des Tones an Intensität und Geschwindigkeit verschieden sind.

Nach Johannes Müller's bei den deutschen Gelehrten allgemein angenommener Theorie sind die unteren Stimmbänder (Lig. thyreoarytaenoidea inferiora) vermittelst ihrer Schwingungen, die sie von ihren eigenen elastischen Kräften getrieben ausführen, das eigentlich, ursprünglich Tonerzeugende. Die Tonhöhe wird demnach hauptsächlich durch den Spannungsgrad der Bänder bedingt. Der Exspirations-Luftstrom, welcher benutzt wird, die Töne hervorzurufen, spielt bei der Tonerzeugung selbst eine untergeordnete Rolle, er kann mit dem Geigenbogen verglichen werden, der den Ton selbst nicht bedingt,

da dieser von dem Spannungsgrade und der Länge der gestrichenen Saite abhängt. Es vergleicht sich der Kehlkopf fast vollkommen den sogenannten Zungenpfeifen, bei denen eine bewegliche, elastische Platte aus Metallblech oder irgend einem anderen elastischen Material z. B. Kautschuk die Röhrenöffnung der Pfeife fast vollkommen abschliesst. Wird ein genügend starker Luftstrom gegen die Zunge geblasen, so versetzt er diese in Schwingungen und zwar unter geeigneten Bedingungen in tönende. Bei dem Kehlkopfe selbst sind zwei elastische Zungen über die Pfeifenöffnung angebracht, die beiden Stimmbänder, welche nur eine schmale Ritze zwischen sich offen lassen, durch welche der Exspirations-Luftstrom, wie der Inspirationsstrom hindurch treten muss und sie unter Umständen in tönende Schwingungen versetzt.

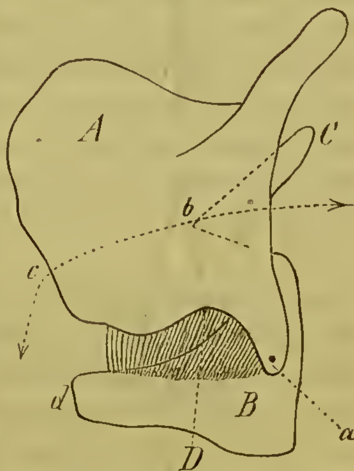
Die Ursache der Stimme und der Töne der Sprache sind somit an sich keine Muskelbewegungen, sondern nur die Schwingungen jenes uns angeborenen musikalischen Werkzeuges. Doch gehört die Untersuchung der Stimme und Sprache darum zu der Lehre von den Bewegungen des Muskelsystemes, weil die zum Tonangeben nöthige Spannung des Instrumentes und damit die Höhe und Aufeinanderfolge der Töne durch Muskelspannung beeinflusst und bestimmt wird.

Die Muskelwirkung bei der Stimmerzeugung.

Die Stimmbänder sind elastische Membranen mit der hier Pflasterepithel tragenden Schleimhaut des Kehlkopfes überzogen, ausgespannt zwischen dem Schildknorpel und den Giessbeckenknorpeln. Sie werden durch eine Spalte von einander getrennt, welche nur in ihrem vorderen Theil als eigentliche Stimmritze (Glottis vocalis) bezeichnet wird; der Theil der Spalte, welcher sich zwischen die beiden Giessbeckenknorpel fortsetzt, trägt den Namen Athemritze (Glottis respiratoria), Bezeichnungen, welche die Functionen der einzelnen Abschnitte direct erläutern.

Die Länge und Spannung der Stimmbänder hängt von der Entfernung ihrer beiden Ansatzpuncte ab, welche durch Stellungsverschiedenheiten des Schildknorpels gegen den Ringknorpel verändert werden kann. Durch Drehung um eine Queraxe bei fixirten Giessbeckenknorpeln kann der vordere Theil des Schildknorpels dem vorderen Theile des Ringknorpels mehr weniger genähert werden, wodurch sich der obere Theil, an welchem die Stimmbänder ansetzen nach vorn oder hinten bewegt, und die Bänder so mehr an- oder mehr abgespannt werden können. Die Giessbeckenknorpel drehen sich um eine auf die Drehungsaxe des Schildknorpels senkrechte Linie, sie entfernen dadurch die hinteren Ansätze der Stimmbänder mehr weniger von einander und

Fig. 145.

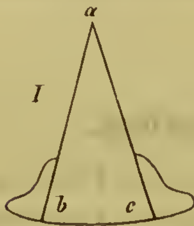


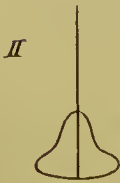
Seitenansicht des Kehlkopfs. *A* Schildknorpel, *B* Ringknorpel, *C* rechter Giesskannenknorpel; *b* sein Stimmfortsatz, *b c* Stimmband. Der Zug auf den Schildknorpel in der Richtung des Pfeiles *c* spannt das Stimmband an, wenn die Giessknorpel fixirt sind. Ist ersterer fixirt, so kann auch der Zug in der Pfeilrichtung *b* das Stimmband spannen. *a*. Drehungsaxe des Ringknorpels. *D*. Musc. cricothyreoideus.

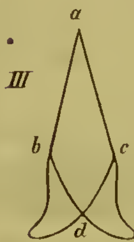
haben hauptsächlich die Form der Stimmritze zu bestimmen, ohne dass sie eine bedeutendere Einwirkung auf die Spannung der Bänder ausübten.

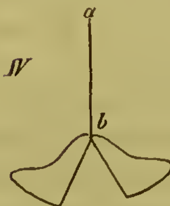
Die Stellungsveränderungen des Schildknorpels (Fig. 146.) besorgen die Musc. cricothyreoidei, sie spannen die Stimmbänder durch das Herabziehen des oberen Randes des Schildknorpels gegen den Ringknorpel zu. In den Stimmbändern selbst verlaufen die Musc. thyreoarytaenoidei, sie setzen sich an die Giessbeckenknorpel an und wirken somit, indem sie die obere Kante des Schildknorpels nach hinten ziehen, in entgegengesetzter Richtung, sie spannen die Stimmbänder ab und verkürzen sie durch ihre eigene Contraction. Ihr Ansatz an die Giessbeckenknorpel ist so, dass ein Theil ihrer Fasern den äusseren Rand derselben umgreift; bei der Contraction müssen demnach dadurch die äusseren Kanten nach innen gezogen werden; die inneren Ränder (Proc. vocales) stossen endlich zusammen, sodass die eigentliche Stimmritze nun vollkommen verschlossen ist, während die Athemritze eine dreieckige Oeffnung bildet mit der Spitze gegen die Stimmritze zugewendet (No. IV). Analog wirken die Musc. cricoarytaenoidei laterales, welche die Proc. musculares der Giessbeckenknorpel nach abwärts und aussen ziehen, sodass die Proc. vocales gegen einander gerückt werden. Gerade im entgegengesetzten Sinne wirken die an dem unteren, hinteren Ende (dem Proc. muscularis) der Giessbeckenknorpel angreifenden Musc. cricoarytaenoidei postici, sie ziehen die äusseren Ränder nach hinten und abwärts, nähern die beiden Proc. musculares einander, bis sie zusammenstossen, ziehen damit die beiden Proc. vocales von einander ab, sodass dadurch die Stimm- und Athemritze eine gemeinsame weite, rautenförmige Oeffnung darstellt (No. III.). Bei vollkommenem Verschluss der Athem- und Stimmritze zugleich wird durch die gleichzeitige Wirkung der Thyreoarytaenoidei und der Interarytaenoidei, des Transversus und des Obliquus hervorgebracht, indem sie die ganze Pyramide der Giessknorpel zusammenziehen, sodass gleichzeitig Muskel- und Stimmfortsätze einander genähert werden (No. II.).

Fig. 146.









Man kann dadurch, dass man eine feine elastische Membran über eine Röhre ausspannt, und sie in der Mitte durch einen Schnitt in zwei dicht aneinander liegende elastische Zungen analog den Stimmbändern theilt, ein musikalisches Instrument dem Kehlkopfe analog herstellen. Es ist leicht an einem solchen zu demonstriren, dass die Entfernung der beiden elastischen Platten — entsprechend der Weite der Stimmritze — von wesentlichem Einfluss ist auf die Möglichkeit Töne hervorzurufen. Ist die Spalte weit, so ist es unmöglich; nur wenn sie eng ist, gelingt es leicht durch Hineinblasen einen Ton

zu erhalten. So ist es verständlich, wie bei Erweiterung der Stimmritze durch die Wirkung der Cricoarytaenoidei postici, es nicht gelingt, Stimme zu geben. Es hat diess seinen Grund darin, dass es unmöglich ist, bei offener Stimmritze die zur Erzeugung musikalischer Schwingungen an den Stimmbändern nöthige Stärke des Anblasens zu erreichen, welche nur durch ein Anstauen der Luft vermittelt durch den mehr weniger vollkommenen Verschluss des Kehlkopfes durch die Stimmbänder erhalten werden kann.

Die musikalische Stimme.

Zur Hervorrufung musikalischer Schwingungen bedürfen die Stimmbänder vor allem eine gewisse Spannung; wie ungespannte musikalische Saiten geben sie ausserdem keine Töne sondern nur Geräusche von sich. Der Grad der Spannung sowie die Länge der schwingenden Membran bedingen die Höhe des erzeugten Tones, wobei natürlich auch die Stärke des Anblasens mitwirkt. Besonders bei höheren, von dem Kehlkopfe erzwungenen Tönen bedarf es zur Hervorrufung dieses letzten Mittels, sodass diese nur forte angegeben werden können. Da das Anblasen um so stärker werden kann, je enger die Stimmritze ist, so zeigt sich diese bei den hohen und höchsten Tönen stets ziemlich bedeutend verengt. Dass die Stimmbänder zur Erzeugung höherer Töne auch verkürzt werden können, ergiebt sich aus den Besprechungen der Muskelwirkung. Je kürzer die Stimmbänder an sich sind, desto höher ist die natürliche Tonlage des Kehlkopfes, so finden sich bei Kindern und Frauen, die einen kleineren Kehlkopf und damit auch kürzere Stimmbänder haben, meist höhere Stimmen als bei Männern.

Ueber die Beihülfe der die Stimmbänder umgebenden Gebilde bei der Erzeugung von Tönen, ist nur wenig bekannt. Es ist schon angegeben, dass man Alles über den Stimmbändern Gelegene am Kehlkopf entfernen kann, und doch noch die Töne erhält. Garcia hat gezeigt, dass mit zunehmender Tonhöhe die oberen Stimmbänder sich etwas einander nähern, der Kehldeckel legt sich dabei etwas mehr über den Kehlkopfeingang hinweg. Es scheint sonach, dass sich diese Gebilde an der stärkeren Stauung der Luft in den Luftwegen, die zur Hervorbringung hoher Töne erforderlich ist, betheiligen. Dabei steigt der Kehlkopf im Ganzen etwas in die Höhe.

So ist die Wirkungsweise der einzelnen Muskeln bei dem Erzeugen musikalischer Töne im Kehlkopfe eine sehr mannigfaltige. Wir sehen fort und fort die Spannung der Bänder, ihre Länge, die Stärke des Anblasens in ihren Wirkungen einander compensiren, sodass derselbe Ton forte und piano wechselweise, oder in Stärke an- und abschwellend gesungen werden kann. Es muss dabei je nach der Stärke des Anblasens die Bänderspannung eine verschiedene sein.

Zur Erzeugung der höchsten Töne steht dem Kehlkopf noch ein weiteres Register zu Gebote, welches Töne von wesentlich anderer Klangfarbe liefert, als die gewöhnlichen: die F i s t e l s t i m m e. Die Stimmritze ist bei dieser Art der Tonerzeugung weiter geöffnet, die Stimmbänder schwingen mehr nur mit ihren Rändern und sind sehr stark gespannt, wie schon die subjective Empfindung der Anstrengung bei der Erzeugung von Fisteltönen lehrt.

Obwohl die Tonhöhe, wie wir gesehen haben, unabhängig ist von den die Stimmritze umgebenden Organen, so üben diese doch einen Einfluss auf Klang und Stärke des Tones aus, sie klingen mit und lassen dadurch gewisse Neben- und Partialtöne entstehen, welche den Stimmklang verstärken und den Timbre desselben verändern. Auch die Brustwandungen, die in den Lungen und der Luftröhre eingeschlossene Luft betheiligt sich durch Resonanz an der Tonerzeugung. Bei der sogenannten Bruststimme, dem gewöhnlichen Stimmregister ist die Resonanz der Brust als Fremitus pectoralis zu fühlen; bei der Fistelstimme schwingen vor allem die Organe der Mund- und Nasenhöhle, die in ihnen enthaltene Luft mit, wodurch die Bezeichnung Kopfstimme gerechtfertigt wird.

Je nach der Grösse des Kehlkopfes ist der musikalische Stimmumfang verschieden. Gewöhnlich beträgt er zwei bis zwei ein halb Octaven. Die Frauenstimme liegt höher als die Männerstimme. Der Bass geht gewöhnlich von E (80 Schwingungen in der Secunde) bis f^{I} (342); der Tenor von c (128) bis c^{II} (512); der Alt von f (171) bis f^{II} (684); der Sopran von c^{I} (256) bis c^{III} (1024). Der Gesammtumfang der menschlichen Stimme umfasst danach beinahe 4 Octaven. Diese Grenzen werden nicht nur durch die Fistelstimme sondern auch noch in vielen Fällen durch die Bruststimme überschritten.

Die Sprechstimme.

Während die Töne allein mit Hülfe der Stimmbänder erzeugt werden, wirken bei der Erzeugung der Geräusche und Töne, aus denen die Sprache besteht auch die Mundtheile mit, in manchen Fällen bei der flüsternden Sprache sie allein.

Die einzelnen Sprachgeräusche, Laute oder Buchstaben werden sowohl durch die ein- als ausströmende Athemluft erzeugt, während die beweglichen Theile der Mundhöhle — in manchen Fällen auch der Nase, die Lippen, die Zahnreihen auf den Kiefern, die Zunge, der Gaumen bestimmte Stellungen eingenommen haben.

In der Mehrzahl der Fälle hat die Sprache einen Klang, sie ist laut, weil ausser den Mundorganen auch die Kehlkopforgane, besonders die Stimmbänder mit zur Lauterzeugung benutzt werden. Doch kann unter Umständen der Stimmapparat ganz unthätig bleiben: die Flüstersprache ist bei weit geöffneter Stimmritze, beim Einziehen der Luft möglich, wobei die Stimmbänder nicht in Schwingungen gerathen können.

Die einzelnen Componenten der Sprache: die Laute unterscheiden sich dadurch, dass die einen, die Consonanten, reine, undefinirbare Geräusche sind, während die anderen, die Vocale den Charakter von Klängen haben. Diese werden bei der Flüstersprache in der Mundhöhle selbst producirt, bei der lauten Sprache mischen sich denselben noch in den Stimmwerkzeugen hervorgebrachte bei. Doch üben auch hiebei die eigentlichen Sprachwerkzeuge den bestimmenden Einfluss aus, sie charakterisiren den Laut; es können alle Vocale in demselben Ton, jeder in den verschiedensten Tönen gesprochen und gesungen werden, ohne dass sie ihre Erkenntlichkeit einbüssen.

Das menschliche Stimmorgan unterscheidet sich darin von den gewöhnlichen Zungenpfeifen vor allem, dass demselben ein in seiner Gestalt veränderliches Ansatzrohr, Resonanzrohr angefügt ist, die Mundhöhle, welche je nach der Form, die sie annimmt einzelne Töne des Instrumentes verstärkt oder schwächt.

In der Flüstersprache werden die Vocale dadurch erzeugt, dass die in verschiedene Gestalt gebrachte Mundhöhle durch den In- oder Exspirationsluftstrom angeblasen wird. Die dadurch erzeugten Geräusche lassen eine bestimmte Tonhöhe erkennen (Donders, Willis), welche auf dem Klavier bestimmt werden kann, und die bei verschiedenen Personen auffallend gleich bleiben. Nach der Methode von Helmholtz können diese Töne, die Eigentöne der Mundhöhle je nach ihrer verschiedenen Stellung durch Mittönen gefunden werden, indem man angeschlagene Stimmgabeln vor den Mund hält, der zur Aussprache eines Vocales gestellt ist. Trifft man die Stimmgabel, deren Grundton mit dem Tone der Mundhöhle in ihrer bestimmten Stellung identisch ist, so wird ihr Ton, verstärkt durch die Resonanz des Mundes, hörbar.

Es finden sich bei der Untersuchung des Klanges der menschlichen Stimme, die ersten sechs bis acht Obertöne (nach Helmholtz) deutlich wahrnehmbar, aber je nach der verschiedenen Stellung der Mundtheile in sehr verschiedener Stärke.

Es entspricht jedem Vocale ein bestimmter Eigenton der Mundhöhle, welcher von der Grösse der Mundhöhle unabhängig ist, während er schon durch geringe Veränderungen in der Mundstellung sehr verändert werden kann. So geben die Mundhöhlen von Frauen und Kindern dieselben Eigentöne wie die der Männer, obwohl erstere doch meist weit kleiner sind, also höhere Töne geben sollten.

Bei dem Vocale *U* ist die Mundhöhle abgestimmt auf den Ton *f*, bei *O* auf b^{I}. Bei diesen beiden Vocalen ist die Gestalt der Mundhöhle ähnlich einer runden Flasche mit kurzem Halse. Bei *A* stellt die Mundhöhle einen vorn offenen Trichter vor, ihr Eigenton ist b^{II}. Bei *Ä*, *E*, *I* hat die Mundhöhle die Gestalt einer Flasche mit engem Halse; derartige Hohlräume haben zwei Eigentöne. Die höheren werden im Halse der Flasche erzeugt; nach Versuchen mit Stimmgabeln ist dieser höhere für $Ä : g^{III}$, für $E : b^{III}$, für $I : d^{IV}$. Die tieferen sind für $Ä : d^{II}$, für $E : f^{I}$, für $I : f$ (?). Bei *Ö* und *Ü* hat die Mundhöhle einen engeren Hals, sie ist im Allgemeinen auch eine Flasche. Die höheren Töne liegen hier zwischen g^{III} und as^{III}, die tieferen Töne sind f^{I} für *Ö*, *f* für *Ü*.

Die Trichterform des Mundes für das Aussprechen des *A* wird dadurch hervorgebracht, dass die Zunge auf den Boden der Mundhöhle angedrückt wird, der Mund weit geöffnet. Der weiche Gaumen ist nur wenig gehoben. Bei *O* und *U* wird die Zungenwurzel etwas gehoben, vorn ist die Zunge flach der Mund ist zu einer runden Oeffnung verengt. Je mehr sich die Zunge dem harten Gaumen nähert, desto länger wird der Hals des flaschenartig gestalteten Mundhohlraumes wie bei *Ä*, *E*, *I*.

Der Zugang zu den Choanen muss dem Luftstrome bei der Bildung der Vocale versperrt sein, sie nehmen sonst einen näselnden Charakter an. Es geschieht diess durch Hebung des Gaumensegels, welche die Choanen verschliesst. Am wenigsten vollständig geschieht diess bei *A*, dann folgt *E*, *O*, *U*, *I*.

Aus dem Gesagten folgt, dass die Vocale am charakteristischsten auf die Noten gesungen werden können, die einen Oberton haben, welcher mit dem specifischen Eigenton des Vocales harmonisch ist. Ebenso ist es bei den laut ausgesprochenen mit Stimme angegebenen Vocalen, auch hier wird der Stimmklang verstärkt durch den Eigenton der Mundhöhle.

Die Diphthongen sind Mischlaute, rasch hinter einander gesprochene Vocale, also aus zwei Klängen zusammengesetzt. Die Mundstellung geht dabei rasch aus der für den ersten in die für den zweiten Vocal über.

Die Consonanten sind wie schon angegeben reine Geräusche. Ihre Erzeugung ist analog der der flüsternd gesprochenen Vocale unabhängig von dem Kehlkopfe und erfolgt dadurch, dass der zum Sprechen verwendete Luftstrom die verschiedenen Rachen- und Mundtheile, bei verschiedenen Mundstellungen in nicht tönende Schwingungen versetzt. Einige Consonanten: *M* und *N* und *N* durch die Nase gesprochen sind keine einfachen Geräusche sondern nur Modificationen des Stimmklanges durch die Eigentöne der mitschwingenden verschieden gestellten Mund- und Nasenhöhle.

Man unterscheidet Lippen-, Zungen- und Gaumenbuchstaben, je nach dem Ort, an welchem die Geräusche gebildet werden. Stets sind die Stellen, an denen die Buchstaben in der Mundhöhle entstehen verengert zu sogenannten »Thoren«. Das Lippenthor für Bildung der Lippenbuchstaben: *p*, *b*, *f*, *v*, *w*, *m* wird entweder durch beide Lippen gebildet oder durch die Unterlippe und obere Reihe der Schneidezähne. Das Zungenthor für Bildung der Zungenbuchstaben: *t*, *d*, *s* (scharf), *s* (weich) *l*, *n*, *r* wird durch die Zungenspitze und vorderen Theil des harten Gaumens oder Rückseite der oberen Schneidezähne gebildet. Zungenwurzel und weicher Gaumen bilden das Gaumenthor für die Gaumenbuchstaben: *k*, *g*, *ch*, *i*, *r* (im Rachen ausgesprochen).

Dadurch dass die vorher geschlossenen Thore plötzlich gesprengt, oder die vorher offenen plötzlich geschlossen werden, entstehen die sogenannten Explosivbuchstaben an allen drei Thoren: *p*, *t*, *k*. Geschieht die Oeffnung und Schliessung mehr allmählich, so werden die Laute weicher: *b*, *d*, *g*. Strömt die Luft allmählich durch die verengten Thore, so entstehen wieder andere Geräusche: *f*, *v*; *s* (scharf), *ch*. Geschieht Letzteres unter Mittönen der Stimme, so entstehen: *w*, *s* (weich), *l*, *i*. Ist das Thor verschlossen und entweicht der Luftstrom unter Mittönen der Stimme durch die Nase: *M*, *N*; öffnet und schliesst sich das Thor abwechselnd während des Durchströmens der Luft, so wird das *R* gebildet, das entweder an dem Zungen- oder Gaumenthor entsteht, je nach dem Dialekt oder der persönlichen Sprechgewohnheit.

Die zusammengesetzten Consonanten entstehen analog den zusammengesetzten Vocalen durch rasche Combinationen der verschiedenen Mundstellungen, sodass man in ihnen stets Doppelconsonanten bekommt.

Ausser den genannten Geräuschen können auch noch eine Reihe anderer in der Mund- und Rachenhöhle erzeugt werden, die aber nicht zur Sprachbildung als Laute benutzt werden. Es werden nur diejenigen dazu benützt, deren Verbindung mit einander leicht ist. Jede Sprache enthält eine gewisse Anzahl dieser möglichen Laute, und es entstehen dadurch charakteristische Unterschiede in den einzelnen Sprachen, dass jede gewisse Classen dieser

Laute oder einzelne derselben vorzugsweise, andere sparsam oder gar nicht anwendet.

Es finden sich den Buchstaben analoge Geräusche, welche in der Sprache nicht, wohl aber zu sonstigen Bezeichnungen von Gefühlen benützt werden; man könnte sie im Gegensatz zu der erlernten die natürliche Stimme nennen.

Als ein Beispiel dafür ist der Schrei zu nennen, ein unbestimmbarer Schall, der nach Höhe und Stärke sehr verschieden sein kann.

In jedem Alter, auf jeder geistigen Entwickelungsstufe kann der Mensch Schreie hervorbringen; das Kind bei der Geburt, der Blödsinnige, der Wilde, der Taubstumme, der civilisirte Mensch, der Greis, alle können schreien. Durch den Schrei bezeichnen wir lebhafte Empfindungen, mögen es nun innere oder äussere, angenehme oder schmerzhafte sein. Es giebt Schreie, welche Freude, andere, welche Schmerz ausdrücken. Es giebt einen Schrei der Wuth, der Furcht, des Erstaunens, der Begeisterung; der Schrei drückt somit die natürlichen Leidenschaften aus, wie er die natürlichen Bedürfnisse bezeichnen kann.

Gewöhnlich sind die Schreie die stärksten Laute, deren das Stimmorgan fähig ist, meist haben sie etwas Unangenehmes für den, der sie hört, und wirken stark auf ihn ein, sodass durch sie noch rascher und heftiger Beziehungen der Menschen zu einander hergestellt werden als durch das Mittel der Sprache. Der Schrei der Freude stimmt zur Freude, der Schrei des Schmerzes erregt Mitleiden, der Schrei der Furcht, des Schreckens pflanzt diese auf die Mehrzahl der umgebenden Menschen fort.

Unter den möglichen consonanten Geräuschen, die zur eigentlichen, erlernten Sprache nicht benützt werden, kommen sowohl explosive als anderweitige continuirliche Geräusche vor. Das Schmatzen, Gurgeln, Räuspern, Hemsen, Acchzen, Küssen, Niessen, Stöhnen, Schlürfen, Schnalzen mit der Zunge. Nur die Schnalzlaute sollen von diesen bei den Hottentotten in der Sprache vorkommen, sowie bei anderen afrikanischen Völkerschaften. Auch sie werden hie und da zur Bezeichnung von Gemüthsstimmungen allein benützt analog dem Schrei.

Die Fähigkeit, Stimme zu bilden, ist eine nach den verschiedenen Altern verschiedene.

Im Fötus und neugeborenen Kinde ist der Kehlkopf verhältnissmässig sehr klein, der Schildknorpel ist noch rund und macht keinen Vorsprung am Halse. Es sticht diese geringe Entwickelung sehr ab gegen die verhältnissmässig starke, welche die Esswerkzeuge: das Zungenbein, die Zunge schon erkennen lassen.

Da der Schildknorpel noch wenig ausgebildet ist, so sind natürlich die Stimmbänder noch sehr kurz, die Knorpel selbst sind noch sehr biegsam. Erst mit Eintritt der Mannbarkeit verändert sich die Gestalt und Grösse des Kehlkopfes wesentlich. Die Entwickelung der Geschlechtstheile veranlasst eine Ernährungszunahme in mehreren Organen, so auch in dem Kehlkopf, seine Dimensionen nehmen plötzlich zu. Es entsteht damit nothwendig eine Veränderung in der Stimmlage, da sich die Stimmbänder nicht unbedeutend verlängern: der Stimmwechsel. Die Alt- oder Sopranstimme des Knaben verwandelt sich in den männlichen Bass oder Tenor. Auch bei Mädchen findet

sich ein analoger Vorgang doch von etwas geringerer Bedeutung. Bei Castraten, welche vor der Geschlechtsentwickelung entmannt wurden, tritt der Stimmwechsel nicht ein, die Stimme bleibt dann hoch, ja selbst höher als der Sopran der Frauen.

Die Aussprache der Kinder ist von der der Erwachsenen sehr verschieden, der Grund dafür liegt in der Verschiedenheit der Sprachorgane. Die Zähne sind klein, oder fehlen noch theilweise oder ganz; die Zunge ist verhältnissmässig gross, die Lippen länger als nöthig wäre, die geschlossenen Kinnladen zu bedecken, die Nasenhöhlen sind noch nicht vollkommen entwickelt. Aehnliche Veränderungen: Mangel der Zähne, Länge der Lippen finden sich auch im Greisenalter wieder ein, die das Sprechen erschweren, sodass die Sprache des Greises sich wieder der kindlichen nähert. Die allgemeine Muskelschwäche des Greises zeigt sich auch bei der Lautbildung und Sprache. Die Stimme ist schwach, zitternd, gebrochen, ebenso der Gesang, es fehlt den Muskeln an Kraft, langdauernde Contractionen auszuführen.

Eine richtige Sprache setzt überhaupt eine normale Bildung der Mundhöhle voraus, ein Loch im Gaumen z. B. macht die Sprache näselnd, da ein Theil der Luft auch durch die Nase dabei entweichen kann. Durch Ungewandtheit und Unbeweglichkeit der Zunge entsteht das Stammeln.

Die Bildung richtiger Laute setzt das Vermögen des Hörens voraus. Taubgeborene lernen nur schwer eine Art von Lauten ziemlich roher Art hervorzubringen. Bei Taubstummen ist die Stummheit Folge des mangelnden Gehöres. Wenn ihnen durch viele Mühe Articulation gelehrt wurde, so bleibt ihre Sprache doch eine Art Geheul, da sie des Regulators durch das Gehör entbehren.

Das Sprechen setzt die normale Function des Gehirnes, Verstand voraus. Blödsinnige haben keine Sprache, die Laute, die sie articuliren haben keine Bedeutung. Nur dadurch, dass der Laute Articulirende einen bestimmten Sinn mit den Worten verbindet, eine bestimmte Bedeutung in die Reihenfolge der Worte legt, werden die articulirten Laute zur Sprache. Ein Vogel kann Worte aussprechen, aber er spricht nicht.

Die Sprechwerkzeuge stehen in ganz eigenthümlichen Beziehungen zu dem Seelenorgane; es können die Bewegungen der Zunge nach Hirnverletzungen noch vorhanden sein, sodass das Schlucken möglich bleibt, während die Sprache, das Vermögen zu sprechen verloren ist.

Zwanzigstes Capitel.

Die Chemie des Muskels als Bedingung seiner Lebenseigenschaften.

Der Muskel als kraftproducirendes Organ.

Der Muskel ist das kraftproducirende Organ für die mechanischen Leistungen des Organismus.

Alle Kräfteerzeugung in den Organismen sahen wir im letzten Grunde auf den chemischen Vorgängen der Oxydation und Zersetzung höher zusammengesetzter chemischer Atomcomplexe beruhen. Indem sich die Stoffe mit Sauerstoff verbinden, werden die Spannkräfte frei, welche die Desoxydationsvorgänge in der Pflanze in erstere hineingearbeitet haben. Dasselbe ist der Fall, wenn höher zusammengesetzte Atomgruppen zu einfacheren zusammentreten, in denen die einzelnen Elementarstoffe inniger mit einander verbunden sind als vorher. Zwischen dem Freiwerden von Spannkräften durch die Vereinigung der Elemente mit Sauerstoff und durch Zusammentreten anderer Elemente aus einer complicirteren zu einer einfacheren Verbindung, besteht vor allem nur der Unterschied, dass die Vereinigung mit Sauerstoff eine sehr viel i n n i g e r e ist als die mit irgend einem anderen Elemente, sodass bei ersterer eine bedeutendere Summe von Spannkräften frei werden kann als bei letzterer. Dass die Spaltung der chemischen Stoffe dagegen primär einen Kraftaufwand erfordert, ist selbstverständlich. Die chemische Spaltung an sich kann als keine Kraftquelle betrachtet werden, als letztere wird nur die n a c h der Spaltung eintretende innigere Verbindung der Atome, welche in der höheren Zusammensetzung weniger eng vereinigt waren, thätig.

Da der Muskel das kraftproducirende Organ ist, so müssen seine Bestandtheile entweder alle oder einige davon als das »Brennmaterial« zur Krafterzeugung für die mechanischen Leistungen betrachtet werden.

Man hat sich im Gegensatze zu dem eben aufgestellten Satze gefragt, ob die Muskeln wie der Stempel, die Stangen, Hebel und Räder einer Dampfmaschine nur Uebertragungsmechanismen einer an einem anderen Orte erzeugten Kraft seien. Von vorne herein lässt sich dieser Gedanke nicht einfach zurückweisen. Einer älteren Zeit lag in dieser Beziehung die Meinung nahe, dass die

Kraftquelle für die Muskelactionen in den Centralorganen des Nervensystemes gelegen sei. Die Nerven leiten die dort erzeugte Kraft dem Muskel zu, der sie mit Hülfe des Skelets zu zweckmässigen Bewegungen und Arbeiten verwendet. Da der Muskel auch noch zuckungsfähig bleibt, wenn er vom Rückenmark und Gehirn getrennt wird, so lässt sich von vornherein diese Annahme nicht halten.

Mehr Anspruch auf wissenschaftliche Begründung macht die Behauptung, dass die Kraftquelle für die Muskelaction im Blute zu suchen sei und dass der Muskel die im Blute erzeugte Kraftmenge zu seinen Actionen verwendet. Im Blute hätten wir also gleichsam den Heizapparat der Dampfmaschine; die Muskelaction, die in einer abwechselnden Verkürzung und Verlängerung beruht, würde sich mit den ebenfalls einfachen Bewegungen des Auf- und Niedergehens des Stopfens in der Stopfbüchse vergleichen lassen, während das Knochengerüste den eigentlichen Arbeitsmechanismen der Maschine entspräche. Die Nerven hätten dann die Aufgabe, durch ihren Anstoss Ventile, welche die im Blute beständig erzeugte Kraft (Wärme?) von dem ruhenden Muskel (dem Uebertragungsmechanismus) abhalten, zu öffnen, sodass diese Kraft nun zur mechanischen Muskelarbeit verwendet werden kann.

Wie hiebei die Kraftübersetzung der Wärme in Bewegung im Muskel erfolgen soll, ist nicht klar; bei allen Maschinen sehen wir dazu einen complicirten Apparat in Thätigkeit. Die Untersuchungen Schmulewitsch's lehren freilich, dass der Muskel durch den Einfluss der Wärme sich (physikalisch) verkürzt, im Gegensatze zu fast der gesammten organischen Natur, und durch Erkalten ausdehnt, sodass die Wärme hiedurch also wirklich im Sinne der Muskelbewegung in Arbeit übertragen werden kann.

Man kann diese vorgetragene Annahme, dass der Muskel nur der Uebertragungsmechanismus der im Blute erzeugten Kraft sei, mit dem Nachweis entkräften, dass ausgeschnittene und vollkommen blutfreie Muskeln noch zuckungsfähig sind. Meine Beobachtungen lehren aber, dass wenn der Muskel auch blutfrei noch Arbeit zu leisten vermag, er doch dann, wenn ihm dazu Blut zur Verfügung steht, auch Kräfte aus diesem zur Arbeitsleistung verwendet. Es zeigt sich, dass ein blutreicher Muskel weit mehr Arbeit leisten kann als ein blutfreier. Dazu ergiebt sich, dass das Blut während der Muskelaction wesentliche Veränderungen, welche vielleicht als Zeichen von kraftproducirenden chemischen Vorgängen in ihm gedeutet werden könnten, erleidet. Das Blut vom Frosche verliert durch übermässige Muskelaction (Tetanus des Gesammtthieres) seine stark alkalische Reaction und wird neutral oder schwach sauer, amphichromatisch, röthet blaues Lakmuspapier und bräunt noch schwach gelbes Kurkumapapier. Die procentische Menge der in ihm enthaltenen festen Stoffe nimmt dabei nicht unbeträchtlich zu, während der Wassergehalt entsprechend abnimmt.

Trotzdem dürfen wir nicht anstehen, den Muskel selbst als das kraftproducirende Organ anzusprechen. Alle eben mitgetheilten Beobachtungen lassen sich auch erklären, wenn wir annehmen, dass der Muskel durch chemische Vorgänge (Oxydationen und Zersetzungen) in sich die Kräfte zu seiner Arbeit producirt, und dass das Blut die beobachteten chemischen Veränderungen nur durch Aufnahme gewisser Oxydationsproducte aus dem Muskel erleidet. Von

dem Gesichtspuncte, dass der Muskel vom Blute in normalen Verhältnissen Ernährungsmaterial und Sauerstoff bezieht, ist auch die Beobachtung, dass die Anwesenheit von Blut die Arbeitsfähigkeit des Muskels steigert, verständlich ohne Annahme, dass das Blut die freien Spannkräfte selbst zuführt, welche der Muskel zur Arbeit verwendet. Das Blut giebt Stoffe mit Spannkräften an den Muskel ab, was ganz denselben Erfolg haben muss.

Der chemische Bau des Muskels.

Muskeleiweissstoffe.

Die quergestreifte Muskelfaser umschliesst mit einem elastischen Schlauche, dem Sarcolemma, den activ contractilen Inhalt.

Man hielt früher das Sarcolemma aus elastischer Substanz bestehend. Es löst sich aber, wenn auch langsam, in Alkalien und Säuern, sowie im Magensafte, sodass es wohl doch aus leimgebender Substanz gebildet ist.

Eine chemische Scheidung der optisch sich verschieden verhaltenden Substanzen des contractilen Muskelfaserinhaltes ist noch nicht gelungen BRÜCKE fand, dass die Disdiaklasten unter Einwirkung von sehr verdünnten Säuren ihre optischen Eigenschaften verlieren, sie quellen dabei auf. Dasselbe erfolgt durch Alkalien und Kochen. Alkohol verändert sich nicht. — Der Inhalt der Muskelfaser, die contractile Substanz, ist eine Flüssigkeit.

Nach KÜHNE's schönen Untersuchungen kann man bei der Muskelflüssigkeit wie am Blute zwischen Plasma und Serum unterscheiden, welches letztere nach einer freiwilligen Gerinnung eines Eiweissstoffes aus dem Plasma zurückbleibt.

Das Muskelplasma wird am besten aus frischen gefrorenen Froschmuskeln, aus denen man das Blut entfernt hat, gewonnen. Sie werden bei — 7° C. im kalten Mörser zerstossen und dann in einer Presse gepresst. Es fliesst eine Flüssigkeit ab, die durch eiskalte Filter filtrirt werden kann. Das Filtrat ist das Muskelplasma, schwach gelblich gefärbt, etwas opalescirend. Es reagirt deutlich alkalisch (zeigt aber auch schwache Wirkung auf Lackmuspapier: amphichromatisch).

Beim Stehen in der Zimmerwärme gerinnt das Muskelplasma wie das Blut; durch Schlagen mit einem Glasstabe wird hier wie dort diese Gerinnung beschleunigt. Während der Gerinnung ändert sich anfangs die alkalische Reaction nicht.

Das Gerinnsel des Eiweisskörpers, welcher sich aus dem Muskel abscheidet, wird nach KÜHNE Myosin genannt. Es ist eine gallertige Masse, sehr durchsichtig. Kälte verhindert die Myosingerinnung, Wasserverdünnung, verdünnte Säuren regen sie sogleich an. In Kochsalzlösung von 10° ist das Myosin löslich, man kann es damit aus jedem Fleische ausziehen.

Verdünnte Säuren lösen das Myosin und verwandeln es dabei zu dem LIEBIG'schen Fleischfibrin, Syntonin, welches durch Neutralisirung der Säure ausgefällt werden kann, in sehr verdünnten Säuren und Alkalien leicht löslich ist, dagegen unlöslich in Salzlösungen. Die sauere Lösung coagulirt

nicht beim Kochen. Syntonin lässt sich aus allen Eiweisskörpern und Organen darstellen.

Das Muskelserum ist die Flüssigkeit, welche nach dem Ausscheiden des Myosin's zurückbleibt. Bei 0^0 aufbewahrt, behält es seine ursprünglich alkalische oder neutrale Reaction bei, ebenso wenn es rasch auf 45^0 C. erwärmt wird. Bei gewöhnlicher Zimmertemperatur wird das Muskelserum bald sauer. Auf 45^0 C. erwärmt, scheidet sich ein Eiweisskörper aus, der nicht Myosin ist.

Ausser diesen beiden Eiweissstoffen enthält der Muskel noch einige weitere. Der eine davon ist Kalialbuminat (Caseïn), das sich auf minimalen Zusatz von Essigsäure oder Milchsäure ausscheidet. Die Ausscheidung erfolgt aus dem Muskelserum beim Stehen in gewöhnlicher Temperatur von selbst, indem sich spontan freie Milchsäure (Fleischmilchsäure $C_6 H_6 O_6$) bildet, welche das Kalialbuminat fällt. Der zuerst entstehende Antheil von Milchsäure verbindet sich mit einem Theile der Basen des Muskelsaftes zu milchsauren Salzen. Dadurch werden alle im Muskel enthaltenen Salze in saure Salze übergeführt, vor allem wird aus dem im Muskelsafte sehr reichlich vorhandenen phosphorsaurem Kali ($2KaO. HO. PO_5$), indem sich ein Atom Kali mit Milchsäure vereinigt, milchsaures Kali und saures phosphorsaures Kali gebildet. Die Milchsäure betheiligt sich anfänglich also nicht direct an der sauren Reaction des Muskelsaftes. Die saure Reaction im Muskel rührt im Anfang ihres Auftretens vor allem von dem sauren phosphorsauren Kali her. Das Kalialbuminat ist in saurem phosphorsaurem Kali löslich, bei 35^0C. fällt es aber heraus. Erst wenn also so viel Milchsäure entstanden ist, dass ein Ueberschuss davon frei im Muskelsafte sich vorfindet, fällt bei niederen Temperaturen das Kalialbuminat nieder. Es kann daher schon lange saure Reaction im Muskelsafte sein, ehe eine Eiweissfällung entsteht.

Ausser diesem Kalialbuminat enthält der Muskelsaft noch eine nicht unbeträchtliche Menge von Serumeiweiss, welche durch Erhitzen auf 70—75^0C. coagulirt werden kann.

Kühne hat den Nachweis geführt, dass die genannten Eiweisskörper im Muskelsafte gelöst enthalten sind, der Muskelsaft ist, wie oben gesagt, eine Flüssigkeit, in welcher als feste Körperchen die Fleischprismen, welche noch weiter zu Disdiaklasten spaltbar sind, in regelmässiger Anordnung schweben. Welche Kräfte die Fleischprismen in ihrer Lage erhalten, ist noch nicht vollkommen erforscht. Kühne sah einen wurmförmigen Parasiten (Myoryktes Weismanni) in einer lebenden Muskelfaser sich durch die Fleischprismen, diese verdrängend, hin bewegen, was nur in einer wahren Flüssigkeit möglich ist. Die verdrängten Fleischprismen kehrten hinter dem Parasiten wieder in ihre regelmässige Stellung zurück. Die Lösung des Muskelplasma's ist nicht sehr concentrirt; der Gesammtmuskel der Säugethiere enthält etwa 25 pCt. feste Stoffe, die in 75 pCt. Wasser gelöst sind.

Ausser den genannten Eiweisskörpern findet sich im Plasma der Muskeln noch ein rother Farbstoff, der sich nach den neuesten Beobachtungen als mit dem Haemoglobin identisch erweist. Doch rührt die Färbung der Muskeln nicht etwa von restirendem Blute her, der Muskelfarbstoff ist ein Bestandtheil des Muskelplasma's. Das Haemoglobin des Muskels wird durch Sauerstoffmangel ebenso wie das des Blutes reducirt, die Farbe des Muskels

wird dann bräunlich, durch Sauerstoffzufuhr wird sie hell geröthet. Alle Agentien, welche im lebenden Thiere die Blutfarbe verändern, thuen dasselbe auch mit der Farbe der Muskeln. Nach Kohlenoxydgasvergiftung sind auch die Muskeln hellroth gefärbt. Der Haemoglobingehalt steht mit der Muskelrespiration (siehe unten) in nächster Verbindung.

Piotrowsky hat aus blutfreien Muskeln ein zuckerbildendes Ferment gewonnen.

Blutfreie Muskeln enthalten nach Brücke auch ein eiweissverdauendes Ferment: Pepsin.

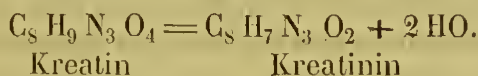
Mit diesem Gehalt an Pepsin steht vielleicht auch das Vorkommen eines peptonartigen Eiweisskörpers im Zusammenhang, welches Kühne als einen constanten Muskelbestandtheil angiebt. Es ist sehr wahrscheinlich, dass die im Muskel abgelagerten festen Eiweisssubstanzen um dem allgemeinen Stoffaustausche mit unterliegen zu können, sich zuerst in Pepton verwandeln, wodurch ihnen der Durchtritt durch die Zellenmembranen ermöglicht wird.

Fleischextract.

Die Untersuchungen Liebig's haben im Fleischsafte eine Reihe sehr wichtiger Stoffe kennen gelehrt, die wir vor allem als Zersetzungsproducte aus den Eiweisskörpern entstanden ansehen müssen. Sie sind in dem Fleischextracte und der Fleischbrühe enthalten. Man kann sie in stickstoffhaltige und stickstofffreie Körper eintheilen.

Unter den **stickstoffhaltigen Bestandtheilen** des Muskelsaftes ist das Kreatin am wichtigsten.

Seine Zusammensetzung ist $C_8 H_9 N_3 O_4 + 2$ aq. Es ist ein krystallisirbarer Körper, seine stark glänzenden durchsichtigen Krystalle weisen sich als rhombische Säulen aus. Durch Einwirkung von Säuren geht das neutralreagirende Kreatin in das stark alkalische Kreatinin über, indem es 2 At. Krystallwasser verliert:



$$\underset{\text{Kreatin}}{C_8 H_9 N_3 O_4} = \underset{\text{Kreatinin}}{C_8 H_7 N_3 O_2} + 2 HO.$$

In dem ruhenden Muskel scheint das Kreatinin nicht enthalten zu sein, dagegen vermisst man dasselbe, wie sich aus seiner Entstehungsweise erwarten lässt, niemals in stark sauren Muskeln (im todtenstarren oder tetanisirten). Es findet sich im Herzfleisch, das meist sauer reagirt, während es im frischen Skeletmuskel desselben Thieres nicht aufzufinden ist, hingegen tritt es in letzterem nach dem Starrwerden auf. Man darf vielleicht mit ziemlicher Bestimmtheit das Kreatin als eine Vorstufe der Bildung von Harnstoff ansehen, der Verbindung, in welcher der Stickstoffgehalt der Gewebe den Organismus schliesslich hauptsächlich verlässt. Liebig entdeckte, dass die Zersetzung des Kreatin entweder Harnstoff erzeugt und Sarkosin, welches in chemischer Beziehung zu dem Glycin der Galle steht, oder Oxalsäure und einen dem Xanthin und der Harnsäure verwandten Körper: Methyluramin. Auch Methylamin, das ich im gegohrenen Fleischsafte auftreten sah, kann bei der Zersetzung des Kreatins entstehen.

Diese Zersetzungen des Kreatin lassen das Muskel- und Nervengewebe, obwohl in ihnen normal kein Harnstoff gefunden wird, doch in einer wichtigen Beziehung zur Bildung dieses Stoffes stehen. Harnstoff wurde bisher nur in Muskeln von Choleraleichen (Voit) und bei Urämie, sowie auch bei Thieren, die man durch Nierenexstirpation oder Harnleiterunterbindung künstlich urämisch gemacht hat, gefunden.

Die Methoden der Kreatinbestimmung sind bisher noch so wenig scharf, dass sie kaum mehr als eine Schätzung der im Fleisch enthaltenen Gesammtmenge dieses Stoffes gestatten. Neubauer fand nach seiner möglichst genauen Methode folgende Kreatinmengen im Fleische verschiedener Thiere:

Im Rindfleisch bis zu	0,232 %
im Schweinefleisch	0,209 ,,
im Hammelfleisch	0,189 ,,
im Kalbfleisch	0,182 ,,

Nawroki fand im Froschfleisch bis zu 0,388 %.

Im Herzfleisch fand zuerst ich den Gehalt von Kreatin im Gegensatze zu den früheren Angaben entschieden geringer als in der Stammmusculatur desselben Thieres. Dafür findet sich wie gesagt dort ein Gehalt an Kreatinin, der aber den Ausfall nicht vollkommen deckt.

Ausser den genannten Stoffen entdeckte Strecker das von Scherer zuerst in der Milz und im Herzfleisch gefundene Hypoxanthin (=Sarkin) als einen constanten Muskelbestandtheil. Die Formel ist; $C_{10} H_4 N_4 O_2$.

Ein mit diesem Körper nahe verwandter ist das auch im Fleischsafte gefundene Xanthin: $C_{10} H_4 N_4 O_4$. Die Gesammtmenge von Hypoxanthin und Xanthin im Fleische ist nur gering, im Hundefleische etwa 0,25, im Ochsenfleische 0,15 p. Mille.

Limpricht fand im Fleische junger Pferde und im Fischfleische Taurin, das man früher nur als Bestandtheile der Muskeln von Mollusken kannte.

Harnsäure scheint hie und da im Muskel vorzukommen.

Ausser diesen basischen Stoffen fand Liebig im Fleische noch eine stickstoffhaltige Säure: Inosinsäure: $C_{10} H_6 N_2 O_{10}$, HO. Sie ist sehr leicht zersetzlich; Liebig vermuthet auch von ihr, dass sie Harnstoff als Zersetzungsproduct liefern könne.

Unter den **stickstofffreien Bestandtheilen** des Fleischsaftes steht an Wichtigkeit die schon genannte Fleischmilchsäure oder Paramilchsäure oben an. Sie weicht nur darin von der gewöhnlichen Milchsäure ab, dass ihre Salze meist andere Mengen Krystallwasser enthalten. Die Fleischmilchsäure entsteht wahrscheinlich beständig im lebenden Muskel, und vereinigt sich mit dessen Basen zu milchsauren Salzen, die von da aus in das Blut übergehen, in welchem die milchsauren Salze als constanter Bestandtheil auftreten. Bei der Säuerung des Muskels im Tode und bei Bewegung tritt zweifelsohne eine Neubildung von Milchsäure ein. Bei extremer Muskelanstrengung ist die Milchsäuremenge, welche in das Blut gelangt, so gross, dass, wie schon erwähnt, die alkalische Reaction desselben sogar in eine schwach saure amphichromatische übergehen kann. Nach den Beobachtungen du Bois-Reymond's wird die Milchsäurebildung im Muskel durch die Agentien aufgehoben, durch welche wir auch die Gährungserscheinungen unterdrückt sehen, durch plötzliches Erhitzen

auf 100° C. und plötzliche Alkoholeinwirkung. Man darf daraus folgern, dass die Säure höchstwahrscheinlich durch Gährung aus irgend einem im Muskel sich findenden Kohlehydrat entsteht, ähnlich wie bei der freiwilligen Säurung der Milch.

Für die Gesammtmenge der freien Säure existirt nach meinen Beobachtungen in jedem Muskel ein Maximum, das bei jeder Art des Absterbens erreicht wird. Dieses Säuremaximum ist bei verschiedenen Thieren verschieden, grösser in den leistungsfähigeren Muskeln. Auf die Sättigungscapacität der Schwefelsäure für Natron bezogen, fand ich die Säuremenge im

Katzenmuskel	0,272 %
Kaninchenmuskel	0,225 ,,
Schweinemuskel.	0,192 ,,
Froschmuskel	0,141 ,,

Hat das Thier (Frosch) vor seinem Tode sehr starke Muskelanstrengungen gemacht, so findet sich das Säuremaximum im Muskel geringer, weil ein Theil der säureliefernden Stoffe schon zersetzt und die aus ihnen gebildete Milchsäure in das Blut übergegangen ist.

Scherer gewann aus dem Fleischextracte auch Essigsäure, Ameisensäure und Buttersäure.

Blutfreie Muskeln der Thiere enthalten nach Meissner's von mir bestätigter Angabe einen wahren gährungsfähigen Zucker, Fleischzucker, der sich vom Traubenzucker nicht zu unterscheiden scheint. Er entsteht zweifellos im Muskel selbst. Meissner fand ihn in dem Fleische von Thieren, denen er längere Zeit vollkommen zuckerfreie Kost gereicht hatte. Dass er dem Muskel nicht durch das Blut aus dem hauptsächlich zuckerbildenden Organ des Körpers, aus der Leber zugeführt wird, hat sich an künstlich entleberten Fröschen zeigen lassen, in deren Muskeln ich durch Tetanus den Zuckergehalt noch immer, wie bei normalen Thieren, steigern konnte. Diese Zuckerbildung im Tetanus tritt auch bei ausgeschnittenen, dem Blutkreislaufe ganz entzogenen Muskeln ein.

Scherer entdeckte eine andere aber nicht gährungsfähige Zuckerart zuerst im Herzfleische: den Inosit $C_{12} H_{12} O_{12} + 4$ aq. Er scheint, da er auch im Hunde- und Pferdefleisch aufgefunden wurde, wahrscheinlich ein constanter Muskelbestandtheil. In seltenen Fällen findet er sich bei Diabetes auch im Harne*).

Bernard und Kühne fanden in den Muskeln von Embryonen Glycogen, das vollkommen dem Leberglycogen entspricht. M'Donnel fand es in Muskeln neugeborener Thiere. Vielleicht stammt das von Limpricht in grossen Mengen aus dem Fleische junger Thiere, namentlich Pferde gewonnene Dextrin aus Glycogen (siehe Glycogen der Leber). Auch Scherer fand im Fleische das Dextrin auf.

---

*) Der Nachweis des Inosit geschieht nach der Scherer'schen Inositprobe. Wird eine Spur Inosit auf einem Porzellanscherben mit Salpetersäure abgedampft, dann mit Chlorkalium befeuchtet und wieder eingedampft, so bleibt eine eigenthümlich rosenrothe Masse zurück. Mit dieser Probe gelingt noch der Nachweis sehr geringer Inositmengen. Der Inosit giebt keine Reduction des Kupferoxydes in alkalischer Lösung, wie wir sie vom Traubenzucker beschrieben haben.

Die Milchsäure des Fleischsaftes kann wohl aus jedem der vier letztgenannten Kohlehydrate des Fleisches durch Gährung entstehen. Limpricht zeigte, dass bei der Gährung seines Fleischdextrins gewöhnliche Milchsäure entstand.

Der feste Rückstand der Fleischbrühe besteht nach Keller's Angaben aus 82,2 pCt. anorganischer Salze (S. 123).

Ausser den bisher genannten Stoffen enthält jeder Muskel noch eine geringe Menge unverseiften Fettes, dessen Natur noch nicht aufgehellt ist. Der Fettgehalt der Muskeln zeigt quantitativ bedeutende Schwankungen. Im normalen Herzen beträgt der Fettgehalt der trockenen Muskelsubstanz zwischen 7—13 pCt., bei der sogenannten fettigen Degeneration des Herzmuskels ist ist eine Vermehrung oft nicht nachzuweisen; der Fettgehalt steigt dabei von 10—11,4—16,7 pCt. (Böttcher).

Ausser diesen Stoffen enthält der Muskel noch Gase und zwar dieselben wie wir sie in allen Geweben und Gewebsflüssigkeiten antreffen.

Am leichtesten lässt sich der Kohlensäuregehalt des Muskelsaftes anschaulich machen, der je nach dem physiologischen Zustande des Muskels (Ruhe oder Bewegung) Verschiedenheiten in seinen Mengenverhältnissen zeigt.

Der Muskelsaft enthält auch Sauerstoff. Das Haemoglobin des Muskels, der Muskelfarbstoff bindet ja Sauerstoff und giebt ihn ab, ebenso wie das Haemoglobin des Blutes. Ein Theil des Sauerstoffs im Muskel muss aber fester als an das Haemoglobin gebunden sein, sodass er sich nach denselben Methoden wie aus dem Blute nicht gewinnen lässt, wie L. Hermann's negative Befunde ergeben. Da die Gewebe den Sauerstoff dem Blute entziehen, so muss ihre Fähigkeit, Sauerstoff zu binden, eine energischere sein, als wie sie sich im Blute findet.

Muskelrespiration.

Die chemische Muskelzusammensetzung ist beständigen Schwankungen unterworfen. Schon während des ruhenden Zustandes finden fortwährend auf innere Oxydationen deutende Stoffveränderungen statt. Man fasst die in dieser Richtung bekannt gewordenen Thatsachen unter dem Namen der Muskelrespiration zusammen.

Sie besteht im Allgemeinen aus einer Sauerstoffaufnahme und Kohlensäureabgabe des ruhenden Muskels. Diese Sauerstoffaufnahme und Kohlensäureabgabe zeigt sich schon daraus, dass das hellrothe Arterienblut aus den ruhenden Muskeln auch venös zurückkommt wie aus den übrigen Organen. Die veränderte Färbung beruht auf einer Verminderung des Sauerstoff- und Vermehrung des Kohlensäuregehaltes des Blutes.

Am ausgeschnittenen Froschmuskel lässt sich die Muskelrespiration auch direct erweisen. Schon Al. v. Humboldt hatte gezeigt, dass ausgeschnittene Muskeln im Sauerstoffe viel länger ihre Lebenseigenschaften behalten als in anderen sonst nicht giftigen Gasen, zum Beweise, dass ein fortgehender Wechselverkehr des Muskels mit der Oxydationsquelle zur Erhaltung seines Lebens unumgänglich nöthig ist. E. du Bois-Reymond und G. von Liebig jun. haben gefunden, dass die Muskeln dabei Kohlensäure abscheiden.

Auch in anderen Gasen als im Sauerstoff geben die Muskeln eine Zeit lang

Kohlensäure ab, auch nachdem das sauerstoffhaltige Blut aus ihren Gefässen ausgespritzt ist, sodass es dadurch klar wird, dass die Muskeln auch in sich, nicht nur im Blute, einen Vorrath fester oder weniger fest gebundenen noch verwendbaren Sauerstoffs besitzen, der zu Oxydation verbraucht werden kann.

Die Bildung von Kohlensäure ist das hauptsächlichste Endproduct der Oxydation kohlenstoffhaltiger Körper, es ist somit mehr als wahrscheinlich, dass die Muskelrespiration auf einer fortwährenden Oxydation der Muskelstoffe beruht. Was das direct für Stoffe sind, aus denen die Kohlensäure sich bildet, ist noch nicht erwiesen. Vielleicht sind es jene oben angeführten Fettsäuren, die sich verhältnissmässig leicht höher oxydiren können. Man könnte mit demselben Rechte auch die Kohlenhydrate der Muskelsubstanz als die kohlensäurebildenden Stoffe ansprechen, da sie im Organismus eine vollständige Verbrennung zu Kohlensäure und Wasser erleiden.

Ausser der Respiration findet sich noch eine weitere chemische Umsetzung im ruhenden Muskel: eine stetige Milchsäureproduction. Der Muskelsaft reagirt bei gesunden ruhenden Muskeln schwach alkalisch oder neutral (E. du Bois-Reymond). Lässt man die Muskeln einige Zeit liegen, so geht die neutrale Reaction endlich in die saure über, die schliesslich so stark werden kann, dass blaues Lackmuspapier vom Muskelsafte sehr lebhaft geröthet wird. Offenbar findet sich diese Milchsäurebildung auch im unverschrten Organismus, doch wird sie dort larvirt durch die Wirkung der alkalischen Säfte: Blut und Lymphe, welche den Muskel umspülen und die gebildete Säure neutralisiren. Im ausgeschnittenen Muskel sind diese alkalischen Säfte nur in begrenzter Menge vorhanden. Sind sie neutralisirt, so tritt die saure Reaction in Erscheinung.

So finden wir denn schon im ruhenden Muskel Kraftquellen: 1) Oxydationen, 2) Spaltungen (die Entstehung der Milchsäure), 3) Neutralisationsvorgänge, auf denen Erzeugung von lebendigen Kräften beruhen muss.

Wirklich finden wir auch im ruhenden Muskel Kräftewirkungen, die sich auf jene Quelle als auf ihre Ursache zurückführen lassen. Es sind dies die lebhaften, gesetzmässig gerichteten elektrischen Ströme, die uns E. du Bois-Reymond kennen gelehrt hat: die elektrischen Muskelströme. Ob auch Wärme bei der Oxydation im ruhenden Muskel gebildet wird, ist noch nicht sicher erwiesen, so wahrscheinlich es auch ist, dass die frei werdenden Kräfte nicht alle in eine andere Kräfteform übergeführt werden.

Chemische Vorgänge im thätigen Muskel.

Was ist die Ursache, die Kräftequelle der mechanischen Arbeitsleistung des Muskels?

Es können zwei Anschauungen, ohne experimentelle Entscheidung gleich berechtigt, über die Kraftquelle für die Arbeitsleistung des Muskels geltend gemacht werden.

Man könnte vermuthen (Voit), dass die im ruhenden Muskel schon fortwährend entstehenden Kräfte unter Umständen nicht alle zur Erzeugung elektrischer Ströme verwendet würden, sondern dass ein Bruchtheil derselben

zur Arbeitsleistung nach aussen (zur Contraction des Muskels) benützt werden könnte. Es brauchte dann keine neue Krafterzeugung im Muskel für die Contraction einzutreten, es genügte die veränderte Verwendung der schon im ruhenden Muskel producirten Kraftsumme. Eine Kraftproduction des ruhenden Muskels: seine elektromotorische Kraft, zeigt wirklich, wis E. du Bois-Reymond lehrte, während der Muskelaction eine verminderte Intensität, negative Schwankung.

Diese Hypothese stellt sich einer bisher in der Physiologie allgemein geltenden Annahme gegenüber, die vor allem durch J. von Liebig, J. R. Mayer u. A. in die neuere Wissenschaft eingeführt wurde, welche lehrt, dass zum Zwecke der Arbeitsleistung eine Verbrennung oder Zersetzung von Körper- oder Muskelstoffen einträte; odass demnach, wenn sich schon im ruhenden Muskel derartige Vorgänge finden, eine Steigerung derselben während der Contraction, während des Tetanus erfolgen müsste.

Für beide Hypothesen hat man versucht den experimentellen Beweis anzutreten.

Bis vor kurzer Zeit waren nur Experimentalerfahrungen bekannt, welche für die letztere Annahme beweisend schienen.

G. von Liebig jun., Valentin u. A. hatten die Kohlensäureausscheidung des ausgeschnitten gereizten Muskels bedeutender als die des ruhenden gefunden.

J. von Liebig hatte beobachtet, dass unter Umständen, welche für eine stattgehabte grössere Leistung des Thieres sprachen, der Kreatingehalt der Muskeln ein grösserer war als im umgekehrten Falle.

Nach Helmholtz nehmen die im Alkohol löslichen Extractivstoffe des Muskels während der Thätigkeit desselben zu, die allein im Wasser löslichen ab. Was das für Extractivstoffe seien, war nicht erforscht. Das Eiweiss war durch Kochen ausgeschlossen.

Nach den Beobachtungen E. du Bois-Reymond's geht die alkalische oder neutrale Reaction des ruhenden Muskels bei dem Tetanus rasch in eine saure über, die saure Reaction rührt von Milchsäure und saurem phosphorsaurem Kali her (J. v. Liebig). Helmholtz wies am ausgeschnittenen Muskel nach, dass die Arbeitsleistung desselben mit einer Steigerung seiner Temperatur etwa um 0,15° C. verbunden sei. Es lässt sich dieser Befund nur aus einer gesteigerten Oxydation erklären.

Auch andere am Gesammtorganismus angestellte Beobachtungen wurden zur Beweisführung für jenen Satz verwendet.

Man wollte (Lehmann u. A.) die Harnstoffmenge im Harne nach Muskelbewegungen vermehrt gefunden haben gegenüber der Harnstoffmenge in der Ruhe. Da im Harnstoff fast der Gesammtstickstoff der umgesetzten Körperstoffe den Organismus verlässt, und da derselbe, weil die Muskeln die Hauptmasse der stickstoffhaltigen Körperorgane ausmachen, sicher der grössten Menge nach aus den Muskeln stammt, so kann man ihn als ein Maass für die Umsetzung in jenen Gebilden ansehen. Man schloss von der Vermehrung des Harnstoffes auf eine Vergrösserung des Umsatzes in den Muskeln.

Analog wurde die Beobachtung verwerthet, dass die Kohlensäureausscheidung des arbeitenden Menschen eine grössere sei als die des ruhenden, und dass Hand in Hand mit dieser Mehrausscheidung während der Arbeit eine

grössere Sauerstoffaufnahme stattfinde (VALENTIN, SCHARLING, VIERORDT; LAVOISIER, REGNAULT und REISET).

Die oben vorgetragene Anschauung von C. VOIT basirt auf den Beobachtungen, die der genannte Forscher zusammen mit TH. L. W. BISCHOFF am Fleischfresser (Hund) angestellt hat, bezüglich der Harnstoffausscheidung bei verschiedener Nahrung, und die eine Abhängigkeit der Harnstoffausscheidung vor allem von der gereichten Nahrung und aus dem von dieser hervorgerufenen Körperzustande ergaben, ohne anderweitige äussere Einwirkungen auf das Gesammtresultat.

Neuerdings hat dieselbe absolute Abhängigkeit der Respirationsausscheidung von der Nahrung M. VON PETTENKOFER mit C. VOIT für die Respirationsausscheidung nachzuweisen vermocht.

Beobachtungen über Stickstoff- und Kohlensäureausscheidung des ruhenden Menschen bestätigen vollkommen diese Abhängigkeit der Ausscheidungen von der Ernährungsweise auch für das Hauptobject der Physiologie (J. RANKE).

Danach schon konnte C. VOIT die älteren Angaben über eine Vermehrung des Harnstoffs durch Muskelbewegung als ungenau zurückweisen. Seine sorgfältigst angestellten Versuche ergaben aber direct, dass die Harnstoffausscheidung durch Bewegung und Arbeitsleistung beim Hunde nur sehr wenig vermehrt wird, wenn man die in 24 Stunden bei Ruhe und Arbeit unter sonst gleichen Bedingungen ausgeschiedenen Harnstoffmengen unter einander vergleicht. Die Vermehrung ist so gering, dass sie C. VOIT auf gleichzeitige anderweitige Veränderungen der Oxydationsbedingungen zurückführen zu können glaubt und den Satz ausspricht: durch Muskelaction wird die Harnausscheidung nicht gesteigert. Auch die übrigen im Harne vorhandenen stickstoffhaltigen Ausscheidungsstoffe, Kreatinin etc. zeigen ebensowenig wie der Harnstoff eine der Muskelleistung entsprechende Vermehrung.

H. RANKE sah bei geringeren Graden von Körperbewegung bei dem Menschen die Harnsäuremenge, welche in vierundzwanzig Stunden ausgeschieden wurde, sogar etwas sinken.

Selbstverständlich entkräften diese Resultate die an den Muskeln selbst gewonnenen oben angeführten Thatsachen nicht. Ich versuchte die entstandene Differenz in den experimentellen Ergebnissen auszugleichen.

Es gelang zu erweisen, dass das Resultat, das VOIT damals nur am Hunde gewonnen hatte, dass die Harnstoffausscheidung durch Arbeitsleistung nicht gesteigert werde, wenn man diese Ausscheidung während grösserer Zeiträume beobachtet, auch für den Menschen gültig ist. Es zeigt sich aber dabei, dass dieses Resultat sich zusammensetzt aus einer der Arbeit folgenden primären geringen Vermehrung und secundären entsprechenden Verminderung der Harnstoffabgabe.

Wenn schon dieses Resultat dafür spricht, dass während und nach der Arbeitsleistung eine Compensation in den Zersetzungsvorgängen eintritt, auf eine primäre Beschleunigung eine folgende Verzögerung, so konnte dieses noch durch directe Untersuchung des Muskels in seinen beiden physiologischen Zuständen bestätigt werden.

Es besteht die Mehrzahl der älteren Angaben über die chemische Veränderung der Muskelsubstanz zu Recht. Es gelang sogar noch eine Reihe

anderweitiger chemisch-physikalischer Unterschiede zwischen dem ruhenden und tetanisirten Muskel aufzufinden.

Es findet sich im letzteren der normale Zucker- und Fettgehalt vergrössert; eine Reihe anderer Stoffe zeigen eine correspondirende Verminderung, z. B. die Gesammtmenge der bis zur Höhe der Todtenstarre sich bildenden Milch- und Kohlensäure; nach Sczelkow auch der flüchtigen Fettsäuren. Gehen diese chemischen Veränderungen im Muskel vor sich, während er noch in seiner normalen Verbindung im lebenden Organismus ist, so tritt eine Vermehrung des Wassergehaltes des Muskels ein, beruhend auf gesteigerter Diffusion zwischen Blut und dem Muskel. Das Blut wird dadurch entsprechend wasserärmer.

Die Grösse der Zersetzungsvorgänge während des Tetanus steht im Verhältniss zu den gemachten Leistungen des Muskels. Heidenhain hat nachgewiesen, dass die durch Tetanus erzeugte saure Reaction im Verhältniss mit der gesteigerten Muskelleistung an Intensität zunimmt. Ebenso konnte ich zeigen, dass der allgemeine Stoffverbrauch im Muskel je nach den Leistungen grösser oder kleiner ist, sodass der Muskel nach dem Tetanus im lebenden Thiere um so weniger an festen Stoffen enthält, also um so wasserreicher ist, je heftiger derselbe war. Umgekehrt ist die Fähigkeit der normalen Stoffzersetzung im Tetanus des Muskels und damit die Fähigkeit der Arbeitsleistung um so grösser, je grösser die Menge der festen Stoffe im ruhenden Muskel ist.

Nach Heidenhain steigt mit der zunehmenden Arbeitsleistung des Muskels auch die dadurch nach der Helmholtz'schen Entdeckung gebildete Wärmemenge, sodass auch dadurch eine entsprechend gesteigerte Oxydation im Muskel wahrscheinlich wird. In dem Oxydationsvorgange, welcher diese Wärme liefert, dürfen wir selbstverständlich nicht die Quelle der mechanischen Leistungen suchen; wir dürfen aber annehmen, dass bei einer Steigerung der Verbrennungsvorgänge im Muskel gleichzeitig Spannkräfte für die gesteigerte Wärmeproduction und die Arbeitsleistung verwendbar werden.

Alle diese Angaben sprechen dafür, dass während der Arbeitsleistung und zum Zwecke ihrer Hervorbringung im Muskel eine Mehrstoffzersetzung stattfindet. Die Beobachtungen über das Nichtvermehrtwerden der Harnstoffausscheidung durch körperliche Anstrengung zeigen aber auf der anderen Seite, dass dieser zeitweiligen Vermehrung eine correspondirende Verminderung der Zersetzungsprocesse auf dem Fusse folgen muss, sodass im Grossen und Ganzen keine Vermehrung der Zersetzungen und Oxydationen im Organismus für die Arbeitsleistung erfolgt.

Noch mit grösserem Nachdrucke als die bisher angegebenen Thatsachen lassen sich die Angaben Sczelkow's über die Gase des Muskelblutes während der verschiedenen physiologischen Zustände des Muskels vernehmen. Das Muskelvenenblut lässt sehr energische Veränderungen bei der Muskelbewegung erkennen. Oeffnet man an einem ruhenden Muskel eine Muskelvene, so zeigt sich die Farbe des langsam ausfliessenden Blutes nur in geringem Grade venös. Mit dem Eintritt der Muskelaction wird das Ausfliessen des Blutes rascher, trotz dieses rascheren Durchströmens des Blutes durch den bewegten Muskel wird die Temperatur des Blutes im Verhältniss zum Blute aus dem

ruhenden Organe etwas erhöht und die Farbe wird plötzlich sehr dunkel venös. Bei Fröschen nimmt das Blut bei dem Krampfe des Gesammtthieres eine dunkel schwarzrothe Färbung an.

Nach den Gasanalysen Sczelkow's enthält das venöse Blut des arbeitenden Muskels weit weniger Sauerstoff und mehr Kohlensäure als das in den Muskel einströmende arterielle Blut und ebenso als das Venenblut des ruhenden Muskels. Der Sauerstoff verschwindet fast vollkommen und das Blut belädt sich übermässig mit Kohlensäure.

Die Mittelzahlen der Bestimmungen ergeben:

	N.	O.	Gesammt CO_2
Arterielles Muskelblut.	1,23	15,23	26,71
Venöses Blut des ruhenden Muskels . .	1,13	6,70	33,20
Venöses Blut des arbeitenden Muskels .	1,12	2,97!	36,38!

Diese Versuche erweisen über allen Zweifel, dass die Muskelaction mit einem sehr bedeutenden Verbrauch von Sauerstoff verknüpft ist, sowie mit einer correspondirenden Kohlensäureabgabe. Ein solches Verhalten spricht unzweideutig dafür, dass die Muskelarbeit auf Kosten der durch die Sauerstoffaufnahme frei werdenden Spannkräfte geliefert wird.

Die Untersuchungen am Muskel ergaben also:

Es finden während der Muskelaction im Muskel unter Sauerstoffaufnahme und Kohlensäureabgabe chemische Stoffumänderungen statt, welche ohne Zwang als die Quelle der in der Muskelthätigkeit verwendeten Kraft angesehen werden können.[1]

Diese chemischen Vorgänge nehmen (den obigen Satz bestätigend) mit der stärkeren Muskelleistung entsprechend zu.

Erzeugt die Eiweisszersetzung die Kraft für die Muskelaction?

Man hat viel Werth auf die Entscheidung der Frage gelegt, ob die Oxydation und Zersetzung von Eiweisskörpern im Muskel die Kraft zur Muskelbewegung liefere oder ob stickstofffreie Substanzen dazu verwendet werden.

Es scheint die Frage, ob eine oder die andere dieser Stoffgruppen allein die Kraft liefere, für jetzt noch nicht mit aller Sicherheit zu entscheiden. Der Wasserzunahme, die ich im Muskel nach dem Tetanus des Gesammtthieres beobachtete, entsprechend, findet sich im tetanisirten Muskel eine Verminderung des Eiweisses. Da andere Stoffe unter denselben Umständen im Muskelsafte vermehrt gefunden wurden, trotz des gesteigerten Wassergehaltes des Muskels, war dieses Resultat nicht a priori zu erwarten, wie Kühne meint. Dass diese Verminderung nicht nur eine relative sei, lehren die Versuche Nawrocki's an Muskeln angestellt, welche vor dem Tetanus dem Einflusse der Circulation entzogen waren. Wie ich gezeigt habe, tritt in diesem Falle keine Wasserzunahme des tetanisirten Muskels ein. Trotzdem bestätigt Nawrocki meinen Befund eines geringfügigen Eiweissverbrauches im Muskel wähend der Arbeitsleistung. Die Eiweissverminderung ist also, wenn auch klein, doch ein constantes Ergebniss des Muskeltetanus.

Die Vermuthung, dass im arbeitenden Muskel Eiweiss verbraucht werde, war rege gemacht worden durch meinen Befund, dass nach dem Tetanus der Fleischzuckergehalt des Muskels (sowie sein Fettgehalt) eine procentisch nicht unbedeutende Steigerung erkennen lasse. Der Zucker liess sich als ein Product der Eiweissspaltung betrachten, da sich nach älteren Angaben als zweites, den Stickstoff enthaltendes Spaltungsproduct, auch das Kreatin (+ Kreatinin) im tetanisirten Muskel vermehrt finden sollte. Die Versuche von Sarokow hatten eine Vermehrung des Kreatins ergeben, in Folge der Muskelarbeitsleistung. Die neueren, wie es scheint sehr sorgfältigen Bestimmungen des Kreatingehaltes von Nawrocki zeigten aber keine constanten Verhältnisse. Der Kreatingehalt der tetanisirten (Frosch-) Muskeln war einmal etwas grösser, ein andermal etwas kleiner als der in den geruhten Muskeln desselben Thieres. So scheint also die lang gelehrte Vermehrung des Kreatins durch den Tetanus nicht zu existiren. Die Schwankungen fallen in die Fehlergrenzen*).

Mit dem Nachweis, dass das Kreatin keine Vermehrung zeigt, ist natürlich noch nicht die Unmöglichkeit, dass der Zucker (und das Fett) im arbeitenden Muskel durch Eiweisszersetzung geliefert werde, nachgewiesen. Kreatin ist ja nur einer der stickstoffhaltigen Muskelextractivstoffe, während noch mehrere bekannte vorkommen und die Mehrzahl wahrscheinlich noch unbekannt ist. Kühne berechnet, dass wir erst $1/_6$ der Gesammtmenge der Muskelextractivstoffe kennen. Unter diesen anderen Stoffen kann sich das zweite analog wie der Zucker vermehrte Spaltungsproduct des Eiweisses befinden. Da Eiweiss, wie oben angeführt, im Tetanus zu Verlust geht, so ist diese Annahme immerhin nicht unwahrscheinlich.

Damit aber, dass man einen (geringfügigen) Eiweissmehrverbrauch des arbeitenden Muskels nachweist, ist selbstverständlich die Frage, ob die Eiweissstoffe es sind, welche die Kraft für die Muskelarbeit liefern, noch nicht entschieden.

Eine Reihe der oben angeführten Thatsachen zeigt, dass vor allem die stickstofffreien Muskelbestandtheile eine chemische Aenderung durch die Arbeitsleistung erkennen lassen, freilich kann man glauben, dass sie Eiweissspaltungsproducte seien. —

Die überraschende Angabe Voit's, dass durch die Arbeitsleistung der Eiweissverbrauch des Organismus im Verhältniss zur Ruhe nicht gesteigert werde, fand anfänglich viele Gegner, die an der Richtigkeit des Satzes Zweifel erhoben, welche Voit siegreich widerlegte. Es stellte sich ihm im Gegensatz zu früheren Angaben und Annahmen als feststehende Thatsache heraus, dass die geringe Vermehrung der Harnstoffausscheidung, welche bei Muskelarbeit beobachtet wird, in keinem Verhältnisse zur geleisteten Arbeit steht. Wie von dem Entdecker dieser Fund gedeutet wurde, ist schon angegeben. Von eini-

---

*) Es muss, um Missverständnisse zu vermeiden, angegeben werden, dass nur dann beobachtete und zwar auch kleine chemische Differenzen bei Fragen wie die vorliegende, für die Entscheidung Werth haben, wenn in allen gut beobachteten Fällen die beobachtete Differenz nach derselben Seite fällt. Zeigen sich Ausnahmen, so hat die Beobachtung natürlich keinen Werth. So dürfen wir also, obwohl die Mittelzahlen Nawrocki's ein geringes Uebergewicht des Kreatingehaltes zu Gunsten der tetanisirten Muskeln ergeben, sie doch nicht als eine Bestätigung der Sarokow'schen Befunde anführen, obgleich sich dort die Vermehrung des Kreatins (+ Kreatinin) in ganz ähnlichen Grenzen hält.

gen Seiten suchte man der Thatsache die andere Deutung zu geben, dass durch sie die alte Meinung als falsch erwiesen sei, dass die Eiweissstoffe die Kraft für die Muskelleistung produciren, und dass dagegen die eigentliche Kraftquelle in den stickstofffreien Stoffen im Muskel (oder im Blute, was ziemlich dasselbe meint,) zu suchen sei (Traube, Fick u. A.). In einer der einleitend gegebenen Darstellung analogen Weise stellt man sich den Muskel nur als Uebertragungsmechanismus vor für eine in oder ausser ihm (im Blute) erzeugte Kraft, für die man den Namen »Wärme« wählte, da sie der Oxydation entstammen soll, von der wir wissen, dass sie vor allem diese Kräfteart producirt. Der Muskel wird hiebei als ein Apparat angesehen, welcher analog der Dampfmaschine die Wärme in mechanische Bewegung überträgt. Man führte zur Unterstützung dieser Annahme an, dass (nach der Hypothese Voit's) kein Eiweissmehrverbrauch durch die Arbeit eintrete, während die sicher erwiesene Mehrausscheidung von Kohlensäure während der Muskelarbeit doch eine gesteigerte Oxydation unweigerlich beweist. Man übersah dabei, dass Voit's Versuche am Hunde stets eine Mehrausscheidung von Harnstoff ergeben hatten.

Es ist bei der vorliegenden Frage viel mit Worten und Theorien gestritten worden. In der neuesten Zeit haben Pettenkofer und Voit neue Experimentalarbeiten in dieser Richtung am Menschen angestellt.

Die Harnstoffausscheidungen in den am Menschen bei gleicher Kost angestellten Versuchen mit und ohne Arbeit, ergeben einen beachtenswerthen Unterschied gegen Voit's ältere Beobachtungen am Hunde. Während bei letzteren mit aller erdenklichen Sorgfalt angestellten Versuchen, die sich stets auf mehrere Tage vor und nach dem Arbeitstage erstreckten, ohne Ausnahme eine geringe Mehrausscheidung von Harnstoff während der Muskelarbeit sich ergeben hat, fehlt diese Mehrausscheidung von Harnstoff in den kürzer dauernden Beobachtungen bei dem Menschen während der Arbeit. Das Versuchsindividuum, ein Arbeiter beschäftigte sich bei dem Arbeitsversuch mit einer Kurbel, die er drehte und die er nach seinem Gefühle so belastet hatte, dass sie das gleiche Maass von Anstrengung verlangte als das Schwungrad an der mechanischen Drehbank, an der er zu arbeiten gewöhnt war. Er arbeitete die gewöhnlichen Arbeitsstunden mit den Unterbrechungen für Essen und Ruhe, wie sie bei Arbeitern gebräuchlich sind. Es ist klar, ein derartiger Arbeiter hat sich geübt, mit seinen Körperkräften möglichst Haus zu halten, seine Bewegungen sind möglichst regelmässig und rhythmisch; der Natur der Sache nach folgt auf jede Periode des Kraftverbrauches bei dem Aufdrehen der Kurbel eine ebenso lange Periode der Ruhe bei dem Absinken derselben, sodass sich die Arbeit als eine ganz regelmässige Abwechselung von gleich langen Perioden der Arbeit und Ruhe erweist. Es haben hier die compensatorischen Momente, die nach meiner Beobachtung bei dem Menschen so rasch eintreten, in jeder Pause genügend Zeit ihre Wirksamkeit zu entfalten, sodass das Gesammtresultat der Harnstoffausscheidung zwischen Ruhe am Tage und Arbeit am Tage keine Differenzen erkennen lässt. Es ist nicht ganz undenkbar, dass derselbe Versuch an einem ungeübteren Individuum jene geringe Steigerung in der Harnstoffausscheidung auch ergeben hätte, die niemals vermisst wurde bei dem arbeitenden, an die Arbeit aber nicht gewöhnten Hund, dessen Bewegungen und Kraftleistungen jene gleichbleibende Rhythmik der Drehbank,

nicht erkennen liess. Auch bei meinen Stundenversuchen am Menschen, die eine geringe Harnstoffvermehrung ergaben, war die Anstrengung (wie bei dem Hunde) eine solche, dass sie unmöglich länger, geschweige denn während der Arbeitsstunden eines Tages hätte fortgesetzt werden können.

Auch die Vermehrung des Harnstoffs durch die Muskelarbeit, die Voit am Hunde constatirte, hält sich stets, wie schon gesagt, nur in sehr engen Grenzen.

Die Mittelzahlen, die Voit für die Harnstoffvermehrung gefunden, ergeben sich aus folgender kleinen Tabelle:

		24stündige Harnstoffmenge in Grammen:
Versuch I. (das Thier hungert)	ohne Arbeit	14,8
	mit ,,	16,6
Versuch II. (das Thier hungert)	ohne Arbeit	10,9
	mit ,,	12,3
	ohne ,,	10,9
Versuch III. (das Thier bekommt 1500 Fleisch)	ohne Arbeit	109,8
	mit ,,	117,2
	ohne ,,	109,9
Versuch IV. (Nahrung wie oben)	mit Arbeit	114,1
	ohne ,,	110,6

Voit stellt die mittleren Differenzen der Harnstoffausscheidung mit gleichzeitiger Berücksichtigung der vom Hunde geleisteten Arbeit in folgender kleinen Tabelle zusammen. Der Hund lief als Arbeit in einem Steigrade, die Zahl der Umgänge des Rades kann der geleisteten Arbeit proportional gesetzt werden.

	geleistete Arbeit: (Radumgänge)	Steigerung der Harnstoffausscheidung.
1. Bei Hunger	1639	+ 2,40
2. ,, ,,	1493	+ 1,45
3. Bei 1500 Gramm Fleisch	1713	+ 7,05
4. ,, ,, ,, ,,	1766	+ 4,01

Die Tabelle ergiebt, dass die durch die Arbeit gesetzte Steigerung der Harnstoffausscheidung der geleisteten Arbeit nicht proportional ist, sie scheint aber weiter zu zeigen, dass die absolute Harnstoffvermehrung durch die Arbeit um so bedeutender ist, je mehr Eiweiss während des Arbeitstages überhaupt zersetzt wird.

Rechnen wir bei den Hungerversuchen die Harnstoffvermehrung auf Procente, so ergiebt sich:

	geleistete Arbeit (Radumgänge)	Vermehrung des Harnstoffes
Versuch I.	1639	16,08 %
Versuch II.	1493	13,33 ,,

Diese geringe während der Arbeit eintretende von Voit beobachtete Vermehrung des Eiweissumsatzes kann die geleistete Arbeit allein offenbar nicht geliefert haben.

Anders stellen sich jedoch die Verhältnisse, wenn wir nicht die Vermeh-

rung der Eiweissoxydation allein sondern die Vermehrung der Gesammtoxydationen des arbeitenden Organismus in Rechnung ziehen.

Auch die neuesten Versuche von v. PETTENKOFER und VOIT haben wie die älteren anderer Forscher eine nicht unbeträchtliche Vermehrung der Gesammtoxydation im arbeitenden Organismus ergeben, wie sich aus der Vergleichung der Zahlen über Sauerstoffaufnahme und Kohlensäureabscheidung während des Arbeits- und des Ruhetages ergiebt. Unter sonst gleichen äusseren Bedingungen waren die Ausscheidungen und die Sauerstoffaufnahme bei dem ruhenden und arbeitenden Menschen folgende:

	Ausgeschiedene Kohlensäure	Ausgeschiedene Wasser	Ausgeschiedene Harnstoff	aufgenommener Sauerstoff
I. Ruhetag	911,5	828,0	37,2	708,9
II. Arbeitstag	1284,2	2042,1	37,0	954,5
Mehr am Arbeitstag	+ 372,7	+1214,1	— 0,2	+246,6

Die Zahlen sprechen für eine beträchtliche Steigerung der Gesammtoxydationen. Der Sauerstoffverbrauch, den wir als Maass der stattgehabten Oxydationen ansehen dürfen, ist um 34,6 pCt. gesteigert. —

Nehmen wir an, um rechnen zu können, es sei beim Hunde, den VOIT beobachtete, bei der Arbeit im Hungerzustand die Oxydation nicht stickstoffhaltiger Körperbestandtheile in einem nur wenig grösseren Verhältniss gesteigert gewesen wie der Eiweissumsatz, nicht um 16,08 pCt. und 13,33 pCt., sondern um 25 pCt., so bleiben wir mit unserer Annahme ganz sicher weit unterhalb der wirklich stattgehabten Steigerung zurück, wie schon die vorstehenden Zahlen bei dem Menschen zur Genüge beweisen.

Nach den Bestimmungen von v. PETTENKOFER und VOIT athmete ein Hund in den späteren Tagen des Hungerzustandes etwa 360 Gramm Kohlensäure in 24 Stunden aus.

Berechnen wir nach dieser Kohlensäuremenge und für 10,9 Gramm Harnstoff den Stoffverbrauch des Hundes während der Ruhe, so ergiebt sich:

Einnahmen vom Körper.

(Aus der Harnstoff- und Kohlensäureabgabe berechnet.)

	N	C	H	O
32,3 Gramm Eiweiss	5,1	17,28	2,26	7,00
107,5 ,, Fett	0	84,90	11,83	10,75
Summe	5,1	102,18	14,09	17,75

Ausgaben.

	N	C	H	O
10,9 Gramm Harnstoff	5,1	2,18	0,73	2,91
Bleibt für die Respiration	0	100	13,36	14,84

Rechnen wir aus diesen Daten die Wärmeproduction des Hundes während der Ruhe in 24 Stunden (cfr. S. 473 f.), so müssen wir von den 13,36 Gramm Wasserstoff der obigen Tabelle 1,85 Gramm für die Wasserbildung mit den 14,84 Gramm Sauerstoff abziehen, welche letztere schon in den Einnahmen vom Körper enthalten waren. Es bleiben also zu oxydiren:

100 Gramm	C	liefern	Wärmeeinheiten	808600
11,51 „	H	„	„	396658
In 24 Stunden producirte der hungernde Hund in der Ruhe Wärmeeinh.				1'205258

Nehmen wir nach unserer obigen Auseinandersetzung die während der Arbeitsleistung eingetretene Steigerung in den Oxydationen als Minimum nur zu 25 pCt. an, so würde dadurch die in 24 Stunden producirte Wärmemenge in runden Zahlen steigen auf:

1'510000 Wärmeeinheiten.

Voit bestimmte die von seinem Hunde in der Hungerreihe Nr. II., der wir die Harnstoffzahl in obiger Rechnung entlehnten, geleistete Arbeit durch Laufen im Rade im Mittel etwa zu 129000 Kilogrammeter. Nehmen wir das mechanische Aequivalent der Wärme zu 0,43 Kilogrammeter an, so bedarf die Leistung des Hundes dazu:

300000 Wärmeeinheiten.

Die gerechnete Mehrproduction der Wärme während der Arbeit beträgt dagegen:

1'510000
—1'205000

305000 Wärmeeinheiten!

Diese Zahlen zeigen wenigstens so viel, dass wir, auch abgesehen von der Eiweisszersetzung während der Arbeit, in der Oxydation der stickstofffreien Körperbestandtheile eine genügende Kraftmenge erkennen, um die geleistete Arbeit daraus erklären zu können. Die weitere Steigerung der Oxydation, wie sie der Versuch am Menschen ergiebt (der leider zu einer derartigen Berechnung nicht verwendet werden kann, da die mechanische Leistung während der Arbeit nicht festgestellt wurde), giebt wohl noch genügendes Material, um die während der Arbeit gesteigerte Wärmeabgabe zu erklären.

Es lässt sich kaum übersehen, dass diese Berechnung zu ergeben scheint, dass zur Hervorbringung der Arbeitsleistung sowohl Eiweiss als stickstofffreie Materien verbrannt werden können, was mit den Beobachtungen am Muskel selbst zusammenstimmen würde. Das Eiweiss würde zur Arbeitsleistung wie bei den täglichen Oxydationen im ruhenden Organismus nur im Verhältniss, in dem es in der Säftemasse vorhanden ist, zugezogen. Je mehr Eiweiss im Verhältniss in den thierischen Säften sich aufhält, desto mehr wird auch zur Arbeitsleistung verbrennen neben den stickstofffreien Stoffen. Bei einem nicht fettarmen Individuum (wie Pettenkofer's und Voit's Arbeiter), bei fettreicher Nahrung kann vielleicht der Eiweissverbrauch bei der Arbeit ganz unterbleiben, wie früher schon von Voit vermuthungsweise ausgesprochen wurde.

Resumiren wir das bisher über die Quelle der Muskelkraft Mitgetheilte, so stellt sich vor allem heraus, dass wir bisher keine feste Entscheidung in dieser Frage noch treffen können.

Soviel ergeben aber die bekannt gewordenen Veränderungen des arbeitenden Muskels und der Ausscheidungen des arbeitenden Gesammtorganismus, dass eine genügende Summe von frei werdenden Spannkräften während der Arbeitsleistung auftritt, um letztere nach dem Gesetze der Erhaltung der Kraft erklären zu können.

Alles drängt für eine definitive Entscheidung der vorliegenden Frage darauf hin 1) die bei der Oxydation der Körperstoffe freiwerdende Spannkraftsumme mit wissenschaftlicher Genauigkeit zu eruiren, um uns von den aproximativen Schätzungen zu befreien, mit denen wir uns bis heute behelfen müssen, und 2) die Summe der Leistungen des Gesammtorganismus (Wärmeabgabe und äussere und innere Arbeit) im Verhältniss zu jenen genau zu bestimmen. Nur auf diesem Wege wird die Frage in ein neues Stadium eintreten können.

Die wichtigen Beobachtungen Voit's stellen es schon jetzt für den Eiweissverbrauch fest, worauf als auf einen der wichtigsten Fortschritte in dieser Frage noch einmal schliesslich hingewiesen werden soll, dass dieser durch die Muskelleistung nicht nennenswerth gesteigert wird. Im Grossen und Ganzen gilt der von Voit zuerst ausgesprochene Satz, dass zum Zwecke der Muskelarbeitsleistung keine (erhebliche) Mehrverbrennung von Eiweiss stattfindet.

In sehr ansprechender Weise spricht Pettenkofer die aus der Voit'schen Entdeckung sich ergebenden Folgerungen aus:

»Seit der Entdeckung Voit's von der unveränderten Grösse der Eiweisszersetzung bei Ruhe und Arbeit stelle ich mir den aus der täglichen Nahrung entspringenden und durch unsere Organe gehenden sich zersetzenden Eiweissstrom wie eine Wasserkraft oder einen Mühlbach vor, der gleichmässig dahingeht, unbekümmert darum, wieviel die in ihm liegende Kraft ausgenützt wird oder nicht. Der Wille lässt sich mit dem Müller vergleichen, und die Muskeln mit den mechanischen Einrichtungen der Mühle. Der Müller kann, ohne dass der Bach grösser oder kleiner zu werden braucht, mit ganzem, halbem, mit viertel und achtel Wasser arbeiten, es kommt darauf an, wie viel, und auf wie viel Gängen er mahlen will, ob auch seine Sägemühle gehen soll u. s. w. Aber das sieht Jedermann ein, dass ein kleiner Bach dem Unternehmungsgeiste des Müllers früher Grenzen setzen wird, als ein grösserer Wasserreichthum, und insofern ist es auch begreiflich, dass der Hafer dem Pferde mehr Kraft giebt als das Heu, und dass ein wohlgenährter Mensch mehr Arbeit leisten kann, aber nicht leisten muss, als ein ausgehungerter, dessen Mühlengerinne nur zur Hälfte oder zum dritten Theile Wasser haben.«

Wir sehen, die Voit'sche Theorie, an welche sich Pettenkofer anschliesst, schliesst die Behauptung ein, dass die Eiweissstoffe allein es sind, welche, trotzdem dass sie durch die Arbeit nicht in (erheblich) vermehrter Menge zersetzt werden, alle Muskelleistung bewirken. Die Verbrennung der nicht stickstoffhaltigen Körperbestandtheile dient dann nur zur gleichzeitigen Steigerung der Erwärmung des Körpers durch Arbeit.

Ich selbst bin durch meine eigenen Beobachtungen dahin geführt worden, zu glauben, dass es vor allem die Eiweissstoffe sind, welche die Kraft produciren. Meine Beobachtung, dass auf eine Zeit gesteigerter Eiweisszersetzung stets eine Periode mit entsprechender Verminderung dieses Vorganges eintrete, und dass diese Ausgleichungen sich offenbar sehr rasch, bei jeder einzelnen Contraction und darauf folgenden Contractionspause machen könne, war es besonders, was mich zum Festhalten an dieser ältesten von J. v. Liebig zuerst formulirten Annahme bestimmte. Der Eiweissverbrauch ist meiner Ansicht nach während und für die Contraction momentan gesteigert, gleich-

sam concentrirt, um in der folgenden Contractionspause wieder entsprechend vermindert zu sein. So kann das auffallende Resultat erfolgen, dass trotzdem, dass die Muskelarbeit vielleicht allein auf Eiweisszersetzung basirt, doch die Vermehrung dieses Eiweissumsatzes durch Arbeit sich in der Stickstoffausscheidung im Harne nicht erkennen lässt. Vielleicht betheiligen sich neben den Eiweissstoffen auch die stickstofflosen Stoffe an der Kraftproduction.

Nach der Hypothese Voit's haben wir im Muskel eine Maschine vor uns, die beständig so geheizt wird, dass sie jeden Augenblick z. B. durch Abschieben eines Ventiles zur Arbeitsleistung verwendet werden kann. Während der Ruhe der Maschine wird die ganze durch die Heizung erzeugte Kraftsumme zu anderen für den Besitzer der Maschine ebenfalls sehr wichtigen Zwecken verwendet.

Ehe wir diese äusserst wichtige Frage verlassen, müssen wir noch auf die von Einigen (Fick) ausgesprochene Meinung hinweisen, dass der geringfügige Eiweissmehrverbrauch bei der Muskelaction nur der Abnützung des eiweissreichen Bewegungsmechanismus entspränge; der Eiweissverbrauch wirke also ebensowenig zur Erzeugung der Bewegungskraft mit, als wir das für die abgeriebenen und abgebrochenen Eisen- und Messingtheile annehmen dürfen, welche an einer bewegten Maschine gleichzeitig mit dem Brennmaterial, das sie in Bewegung setzt, zu Verlust gehn.

Wir sehen wie vollkommen chaotisch die Antworten auf die vorliegende Frage für jetzt noch durcheinander wogen.

Ermüdung.

Die schönste Bestätigung, dass es sich um Stoffzersetzungen und Oxydationen bei der Krafterzeugung im Muskel und zwar um Zersetzungen und Oxydationen im Muskel selbst handle, ergeben die Untersuchungen und Entdeckungen über Ermüdung.

Die Ermüdung erfolgt vor allem aus zweierlei Gründen:

1) durch Anhäufung von Muskelzersetzungsproducten im Muskel selbst (J. Ranke), und

2) durch Verbrauch des im Muskel abgelagerten, zur Oxydation verwendbar vorhandenen Sauerstoffs (Pettenkofer und Voit).

Der Muskel ist, wie aus dem bisher Gesagten hervorgeht, nach der Arbeitsleistung ein wesentlich anderer als vor derselben, während der Ruhe. In physikalischen und chemischen Eigenschaften sehen wir ihn verändert, es ist klar, dass diese Umgestaltung nicht ohne Einfluss sein kann auf die Lebenseigenschaften des besprochenen Organes. Diese Veränderung aus den angeführten Ursachen trägt den Namen *Ermüdung*. Alle Veränderungen, die man an dem Muskel nach dem Tetanus wahrnimmt, werden unter diesem Ausdrucke zusammengefasst.

Am deutlichsten spricht sich bei der Ermüdung die Herabsetzung der normalen Erregbarkeit des Muskels aus.

Dieselbe Reizstärke löst nach einem vorausgegangenen ermüdenden Tetanus weniger Kräfte am Muskel aus als vor demselben: die Hubhöhe des Muskels ist eine geringere für das gleiche Gewicht, die Muskelcurve am Myographion ist flacher, weniger steil ansteigend, es kann der Zustand der Ermüdung so weit sich steigern, dass gar kein Gewicht mehr gehoben werden kann.

Die Ermüdung ist im gesunden, lebenden Organismus ein vorübergehender Vorgang, lässt man den ermüdeten Muskel einige Zeit lang ruhen, so stellt sich dadurch seine normale Erregbarkeit wieder her.

Auch bei dem ausgeschnittenen Muskel zeigt sich diese ebengenannte Erscheinung der Erholung nach Ermüdung.

Es ist klar, dass wir uns diese Wechselwirkung von Ruhe und Thätigkeit in der Weise vorzustellen haben, dass im thätigen Muskel die Erregbarkeit vernichtende, im ruhenden die Erregbarkeit erhaltende oder wiederherstellende Kräfte alternirend thätig sind. Wenn wir eine Muskelthätigkeit lang ohne Ermüdung erträglich finden, so heisst das: den vernichtenden Momenten halten die erhaltenden Momente der Erregbarkeit gerade das Gleichgewicht oder die letzteren überwiegen in ihrer Wirkung.

Unter den ermüdenden, die Erregbarkeit des Muskels herabsetzenden resp. vernichtenden Momenten sind vor allem die im Tetanusi m Muskel sich anhäufenden Säuren, Milchsäure und saures phosphorsaures Kali zu nennen.

Imprägnirt man künstlich einen gut erregbaren Muskel mit diesen Stoffen im Einzelnen oder direct mit allen Muskelzersetzungsproducten (Fleischbrühe), so verfällt er momentan in den Zustand extremer Ermüdung, seine Erregbarkeit wird augenblicklich auf ein Minimum herabgesetzt oder ganz vernichtet. Dasselbe findet natürlich bei einer normalen Anhäufung dieser Stoffe im Muskel, wie sie im Tetanus stattfindet, in gleicher Weise statt (J. Ranke).

Es steht fest, dass die Oxydationsprocesse im Muskel bei Gegenwart der ermüdenden Stoffe eine wesentliche Aenderung erfahren. Bei der Milchsäure scheint es, dass sie nach ihrer grossen Verwandtschaft zum O dem Eiweiss den zu seiner Zersetzung nothwendigen Sauerstoff entzieht. Mit der Vernichtung der Leistungsfähigkeit des Muskels wird durch die ermüdenden Stoffe auch die elektromotorische Kraft auf ein Minimum herabgesetzt. Natürlich ermüdete und Muskeln, die man künstlich mit den genannten Stoffen beladen hat, zeigen eine bedeutende Verminderung ihrer elektromotorischen Kraft.

Die Veränderungen, welche die ermüdenden Stoffe im Muskel hervorbringen, können wenigstens anfänglich keine wesentlichen sein. Dafür spricht, dass durch die wiederherstellenden Bedingungen ihre Wirkungen wieder vernichtet werden können und vor allem, dass ein Auswaschen des natürlich oder künstlich ermüdeten Muskels mit Blut oder schon mit 0,7 pCt. Kochsalzlösung von den Blutgefässen aus genügt, um ihm seine verlorene Erregbarkeit wieder zu ertheilen.

Wenn die ermüdenden Stoffe ihre Wirksamkeit theilweise dem Umstande verdanken, dass sie den Sauerstoff für sich in Anspruch nehmen, so muss die Erregbarkeit trotz der Anwesenheit der genannten Stoffe durch eine vermehrte Sauerstoffzufuhr zum Muskel erhalten bleiben können. Der Beweis ist schon von Humboldt, Krimer und G. v. Liebig geführt worden; sie sahen die Erregbarkeit des Muskels wachsen mit dem Sauerstoffgehalt der den Muskel umgebenden Luft; die Erregbarkeit ist am grössten, wenn sich der ausgeschnittene Muskel in reinem auerstoffgas befindet. Es is klar, dass dies Moment der Wiederherstellung gleichmässig im ausgeschnittenen wie in dem im lebenden Organismus befindlichen Muskel statthaben könne. Vermehrtes Athmen, wie es nach der Bewegung eintritt, vermehrt die Sauerstoffzufuhr zum Muskel.

Da alle Oxydationsprocesse zu ihrem Zustandekommen eine bestimmte Temperatur bedürfen, so ist es natürlich, dass die Erregbarkeit auch an das Vorhandensein einer solchen geknüpft ist; für eine mittlere Temperatur ist demnach die Erregbarkeit am grössten, sowohl mit dem Steigen als mit dem Fallen der Temperatur nimmt sie ab. Wir haben darum auch die von Helmholtz erwiesene geringe Erhöhung der Temperatur durch die Muskelaction unter den erhaltenden Momenten anzuführen.

Das Vorhandensein der Säure im Muskel ist ein Ermüdungsgrund; wird die Säure neutralisirt, so fällt derselbe weg. Man kann dies direct durch das Experiment zeigen. Wenn man einen Muskel mit kohlensaurem Natron imprägnirt, so verliert er ziemlich rasch seine Erregbarkeit und stirbt ab. Anders verhält er sich, wenn er vorher durch Einspritzung von Milchsäure ermüdet ist; unter diesen Verhältnissen stellt eine Einspritzung von kohlensaurem Natron die vernichtete Erregbarkeit wieder her, selbstverständlich nur darum, weil sie die ermüdende Säure neutralisirt. Ganz denselben Effect besitzt im Gesammtorganismus die Lymphe und das Blut, die auch noch in geringer Menge im ausgeschnittenen Muskel vorhanden sind. Ihre alkalische Reaction giebt diesen Säften ihre wiederherstellende Eigenschaft.

Alle diese Momente wirken sowohl im ausgeschnittenen als in dem noch in seinen normalen Verhältnissen im Organismus befindlichen Muskel.

Ein Hauptmoment der Wiederherstellung ist hingegen nur im letzteren Falle gegeben: die Wegschaffung der schädlichen Stoffe durch die Circulation, sowohl des Blutes als der Lymphe. Eine ganz indifferente Flüssigkeit — 0,7 % — 1 % Na Cl — genügt, um alle Erscheinungen der Ermüdung zum Verschwinden zu bringen, wenn sie in langsamem Strome analog der Circulation des Blutes durch die Adern des Thieres getrieben wird.

Das Blut nimmt, während es an den Muskelschläuchen vorüberstreicht, durch Osmose die ermüdenden Stoffe auf und entfernt sie durch die Ausscheidungsorgane aus dem Organismus.

Es ist kein Zweifel, dass auch der Mangel an solchen Stoffen, welche im Tetanus oxydirt werden können, Ermüdung herbeiführen könne. Einen relativen Mangel in dieser Hinsicht bringt schon die angeführte Wasserzunahme des ermüdeten Muskels mit sich. Es lässt sich erweisen, dass die Leistungsfähigkeit des Muskels mit seinem Gehalt an festen Stoffen steigt und fällt, sodass ein Muskel um so leistungsfähiger ist, je reicher er an festen normalen Muskelstoffen im Zustande der Ruhe gewesen ist. Nach langem Hunger, der die Muskelstoffe verzehrt, nach schlechter Kost, in verschiedenen Lebensperioden — Kindheit und Alter, die mit einer geringen Menge fester Stoffe im Muskel Hand in Hand gehen, nach langer Unthätigkeit, die an Stelle der normalen Muskelstoffe Fette treten lässt, also auch im zahmen Zustand der Thiere findet sich darum eine geringe Leistungsfähigkeit.

Das, was wir bisher über Ermüdung und Erholung nach Arbeit und Ermüdung erfahren haben, hat einen sehr bedeutenden Zuwachs durch die neuen Funde v. Pettenkofer's, die er in Gemeinschaft mit C. Voit gemacht, erhalten.

Die äusserst lehrreichen Versuche der genannten Forscher beweisen, dass

die Arbeitsfähigkeit des Individuums (ebenso des Muskels) von der Menge Sauerstoff abhängig sei, die es vor der Arbeitsleistung in sich aufgespeichert hat.

Man war bis in die neuesten Tage der Meinung, dass der Organismus und der einzelne Muskel den Sauerstoff, welchen er zu seiner Arbeitsleistung (den dazu nöthigen Oxydationen) bedarf, während der Arbeitsleistung direct aus der Atmosphäre beziehe, sodass die während der Beobachtungszeit ausgeschiedene Kohlensäuremenge zugleich auch ein Maass abgebe für den in gleicher Zeit aufgenommenen Sauerstoff. Jetzt ist nachgewiesen, dass dem durchaus nicht so ist. Der Organismus bezieht seinen zur Arbeit zu verwendenden Sauerstoff nicht während der Arbeit von aussen, er benutzt zu seinen Oxydationen nur Sauerstoff, der schon in seinen Organen gleichsam abgelagert war. Jemehr der Organismus Sauerstoff in sich aufgespeichert hat, desto grösser ist seine Arbeitsfähigkeit, wie sich von selbst ergiebt; alles was die Ansammlung von Sauerstoff in erhöhtem Maasse ermöglicht, steigert, alles was sie hindert, schwächt die Arbeitsfähigkeit des Organismus. Wir sehen, Alles was wir über die oxydable Stoffmenge im Organismus gesagt haben im Verhältniss zur Arbeitsleistung desselben, gilt ebenso auch von dem oxydirenden Stoffe, ohne den auch der oxydable Vorrath keinen Nutzen hat.

Gehen wir sogleich zu den Beobachtungen selbst über.

Sie erweisen, dass von Gesunden während des Tages stets viel mehr Sauerstoff aufgenommen als im Verhältnisse Kohlensäure ausgeschieden wird; während in der Nacht sich das Verhältniss umkehrt. Schon in der Ruhe ist dieser Antagonismus zwischen Tag und Nacht deutlich, er spricht sich aber noch viel mehr bei Arbeit aus, wobei während der Arbeitsstunden selbst die Kohlensäureabgabe sehr bedeutend gesteigert ist, während erst in der darauf folgenden Nacht der verbrauchte Sauerstoff wieder eingenommen wird. Bei Tage zehrt der Gesunde demnach offenbar von dem Sauerstoffvorrath, welchen er sich während der voraufgehenden Nacht eingesammelt hat, ebenso leisten wir damit auch unsere Muskelarbeit.

Folgende kleinen Tabellen liefern den Beweis für die aufgestellten Sätze. Die Zeit von 6 Uhr Morgens bis 6 Uhr Abends ist mit Tag, die folgende Zeit bis 6 Uhr Morgens mit Nacht bezeichnet. Alle Zahlen bedeuten Gramme. Die Zahl in der letzten Rubrik ist eine Verhältnisszahl, welche angiebt, wie viel Sauerstoff in der ausgeschiedenen Kohlensäure gegenüber 100 aus der Luft aufgenommenen Sauerstoff sei. Würde aller Sauerstoff zur Kohlensäurebildung verwendet, so müsste das Verhältniss der Kohlensäure zum ausgeschiedenen Sauerstoff gleich sein 100 : 100; dies ist nur bei Stärke- und Zuckerkost (annähernd) der Fall. Bei dem Menschen schwankt bei verschiedener Nahrung das Verhältniss zwischen 88 und 98 auf 100 aufgenommenen Sauerstoff.

I. Ruhetag.

Tageszeit	Ausgeschiedene Kohlensäure	Ausgeschiedene Wasser	Ausgeschiedene Harnstoff	Aufgenommener Sauerstoff	Verhältnisszahl
Tag	532,9	344,4	21,7	234,6	175
Nacht	378,6	483,6	15,5	474,3	58
Zusammen	911,5	828,0	37,2	708,9	94

Schon aus dieser Tabelle ist es ersichtlich, dass mehr Sauerstoff zur Kohlensäurebildung während der Tageszeit verwendet als in der Respiration während derselben Zeit aufgenommen wurde. In der am Tage ausgeschiedenen Kohlensäure war weit mehr Sauerstoff als während der Zeit aufgenommen wurde; in der Nacht kehrte sich dieses Verhältniss um. Noch stärker treten diese Eigenthümlichkeiten an dem Arbeitstage hervor.

II. Arbeitstag.

Tageszeit	Ausgeschiedene Kohlensäure	Ausgeschiedene Wasser	Ausgeschiedene Harnstoff	Aufgenommener Sauerstoff	Verhältnisszahl
Tag	884,6	1094,8	20,1	294,8	218!!
Nacht	399,6	947,3	16,9	659,7	44
Zusammen	1284,2	2042,1	37,0	954,5	98

An dem Arbeitstage wurde also mehr als doppelt soviel Sauerstoff am Tage in der Kohlensäure ausgeschieden als in derselben Zeit aufgenommen wurde!

Am Tage während des Wachens wird danach jedenfalls ein grosser Theil der Kohlensäure auf Kosten des Sauerstoffs producirt, welcher in einer vorausgegangenen Zeit der Ruhe und des Schlafes aufgenommen wurde.

Ebensoviel als wir an einem Tage mehr Sauerstoff verbrauchen, als an einem andern, ebensoviel nehmen wir in der darauf folgenden Nacht wieder zum Ersatz auf; und so lange wir dies thun und vermögen, sind wir jeden Morgen neu zur Arbeit gerüstet. Auch bei der Arbeit wird am Tage, trotz der sehr gesteigerten Abspannung nur eine sehr geringe Menge Sauerstoff mehr als während der Tageszeit bei Ruhe aufgenommen.

Diese Versuche erweisen (Pettenkofer und Voit), dass der aufgenommene Sauerstoff eigentlich nie sofort zur Oxydation bis zu den letzten Producten der Verbrennung verwendet wird, sondern dass die Oxydation Zwischenstadien durchläuft, die den Sauerstoff stundenlang im Körper beschäftigen, ehe er in der Form von Kohlensäure oder Wasser wieder austritt. Wir begegnen hier demselben Verhältnisse, auf welches die Respirationsuntersuchungen über den Winterschlaf der Murmelthiere (Valentin) hinweisen. Die Thiere nehmen wegen Sauerstoffansammlung häufig zwischen zwei Wägungen an Gewicht zu, trotzdem dass sie constant etwas Wasser und Kohlensäure an die Luft abgeben. Die Beobachtung, dass das Blut an die arbeitenden Muskeln weniger Sauerstoff abgiebt als es dafür Kohlensäure aufnimmt (Sczelkow) ebenso wie die gleichen Gasverhältnisse im Blute erstickter Thiere (Setschenow), beruht offenbar auf der neugefundenen Ursache.

In Beziehung auf die Mengenverhältnisse des aufgespeicherten Sauerstoffs ergeben die Versuche von Henneberg, dass mit der Vermehrung des Eiweisses in der Nahrung die Fähigkeit des Körpers, während der Zeit der Ruhe und des Schlafes Sauerstoff aufzunehmen, um ihn am Tage nach Bedürfniss zu verwenden, steigt und fällt. Ein wohlgenährter Organismus kann also mehr Sauerstoff bei Nacht in sich aufspeichern als ein schlechtgenährter. So erklärt sich, dass während jener am Morgen zur Arbeit geschickt

ist, auch nach vorausgegangener Ermüdung, letzterer sich noch matt und ermüdet zeigt.

Aus Versuchen, welche von v. PETTENKOFER und VOIT an Kranken, die sich durch besondere habituelle Kraftlosigkeit auszeichneten (Diabetes mellitus und Leukämie), angestellt wurden, geht hervor, dass bei diesen ein ähnlicher Antagonismus zwischen Tag und Nacht, wie er sich bei Gesunden zeigt, nicht existirt. Diese kraftlosen Kranken speichern bei Nacht keinen Sauerstoff in sich auf, sodass sie am Tage für ihre Arbeitsleistung keinen Sauerstoffvorrath besitzen. Daher rührt es, dass sie durch die kleinste Anstrengung so rasch ermüden. Derartige (schlechtgenährte) Individuen können nur dann einige Zeit ohne Ermüdung arbeiten, wenn sie künstlich ihre momentane Sauerstoffaufnahme zu steigern vermögen. Am einfachsten geht das durch Steigerung der Herzrhythmik z. B. durch Alkohol. Wir haben hier eine Erklärung für die eigenthümliche Wirkung, welche wir den Alkohol ausüben sehen. Aehnlich wirken gewisse andere Narcotica.

Die Versuchsergebnisse selbst, auf die wir uns hier beziehen, sind folgende:

Diabetiker.

Tageszeiten	Ausgeschiedene				Aufgenommener Sauerstoff	Verhältnisszahl
	Kohlensäure	Wasser	Harnstoff	Zucker		
Tag	359,3	308,6	29,6	246,4	278,0	94
Nacht	300,0	302,7	20,2	148,1	294,2	74
Zusammen	659,3	611,3	49,8	394,5	572,2	84

Leukämiker.

Tageszeiten	Ausgeschiedene			Aufgenommener Sauerstoff	Verhältnisszahl
	Kohlensäure	Wasser	Harnstoff		
Tag	480,9	322,1	15,2	346,2	101
Nacht	499,0	759,2	21,7	329,2	110
Zusammen	979,9	1081,3	36,9	675,4	105

Bei dem Leukämiker fällt neben dem schon Erwähnten noch auf, dass hier bei Nacht mehr Harnstoff abgegeben wird als am Tage, was sonst immer umgekehrt der Fall ist.

Todtenstarre des Muskels.

Der Zustand der definitiven Vernichtung der Muskelerregbarkeit, das Absterben des Muskels, zeigt einige Aehnlichkeit mit dem Vorgang der Ermüdung.

Schneidet man einen Muskel aus dem Organismus aus, so beobachtet man trotz des Vorhandenseins eines Theiles der eben besprochenen erhaltenden Momente nach und nach ein immer mehr sich steigerndes Schwinden der Erregbarkeit. Es rührt dies daher, dass nach und nach die erhaltenden Momente

vollkommen verbraucht werden und die die Erregbarkeit vernichtenden die Oberhand gewinnen. Endlich hört die Erregbarkeit ganz auf, bei Warmblütern rascher, bei kaltblütigen Thieren langsamer: der Muskel stirbt ab. Dasselbe tritt ein, wenn der Muskel innerhalb des Organismus aufhört der Blutcirculation zu unterliegen, bei allen Muskeln nach dem Tode des Gesammtorganismus oder local nach Verschluss einzelner arterieller Gefässe.

Sehr rasch hört, wenn dies eingetreten ist, der normale Stoffwechsel im Muskel auf, dadurch, dass sich die entstandenen Zersetzungsstoffe in ihm aufhäufen. Es folgen daraus bald wesentliche chemische Veränderungen im Muskelsafte; zunächst gerinnen die gerinnbaren Muskelsubstanzen unter Auftreten saurer Reaction (Harless, Kühne). In Folge dessen wird der Inhalt des Muskelrohres fester, bekommt ein trübes Aussehen und nimmt eine teigige Beschaffenheit an. Zugleich verändert der ausgeschnittene Muskel seine Gestalt, er wird kürzer und dicker. Sind die absterbenden Muskeln in ihren natürlichen Verbindungen in der Leiche und die Glieder nicht willkürlich verlagert, so nehmen durch diese Muskelverkürzung die Glieder unbewegliche Stellungen ein, die gewöhnlich daran erinnern, als ob sämmtliche Muskeln sich activ zusammengezogen hätten. Dieser Zustand der Muskeln, in welchem der ganze Körper unbeweglich starr wird, trägt den Namen der Todtenstarre.

Mit dem Aufhören der normalen Oxydationen verschwindet hiebei neben den anderen Leistungen des Muskels auch sein elektrischer Strom. Nachdem die Starre einige Zeit gedauert hat, hebt zuerst die Vermehrung der Säure. später die eintretende Fäulniss die verkürzte Gestalt des Muskels wieder auf, die Glieder der Leiche werden wieder beweglich, die »Starre löst sich«. Die saure Reaction des Muskelsaftes nimmt zuerst zu, dann wieder ab, wird neutral und geht durch Ammoniakbildung in die alkalische über.

Ist durch Tetanus im Leben schon ein grosser Theil der erhaltenden Momente verbraucht, so begreift es sich, dass die Starre schneller eintreten müsse, so z. B. nach Strychninvergiftung, bei gehetztem Wild. Bei Warmblütern tritt ihrer höheren Temperatur wegen die Starre meist gleich nach dem Tode ein, bei Kaltblütern unter günstigen Umständen erst nach Tagen.

Das Kürzerwerden der starren Muskeln brachte auf die Idee, dass man in der Todtenstarre ein Analogon der activen Muskelthätigkeit vor sich habe: die letzte Aeusserung der Lebensenergie. Man sieht schon aus dem bisher Gesagten, wie ganz haltlos diese Meinung ist. Brücke verglich zuerst die Starre mit einem Gerinnungsvorgang; Kühne hat die gerinnende Substanz zuerst dargestellt und so Brücke's Vermuthung experimentell begründet. Presst man einen Muskel, nachdem man durch Ausspritzen mit Kochsalzlösung von 0,7 pCt. das Blut entfernt hat, aus, so erhält man eine Flüssigkeit, die nach einiger Zeit spontan gerinnt und dabei sauer wird. Die Temperatur ist hiebei von Wichtigkeit, da die Gerinnung um so rascher eintritt, je höher die Temperatur ist; sie geschieht plötzlich bei einem bestimmten Wärmegrad, der für die Kaltblüter 40° C., für die Säugethiere und den Menschen 49°—50°, für Vögel 53° beträgt (Kühne). Die Erhöhung der Temperatur führt auch in frischen, lebenden Muskeln Gerinnung herbei, aus welcher ein der Todtenstarre ganz ähnlicher Zustand, die »Wärmestarre« folgt. Bei 40° treten die

ersten Gerinnungen im Froschmuskelsafte ein, bei höheren Temperaturen erfolgen immer neue, bis endlich bei 90⁰ die letzte Gerinnung erfolgt ist. Das gewöhnliche Eiweiss gerinnt bei 75⁰C.

Bei dem Muskel der durch Unterbrechung der Circulation abstirbt, lässt sich, wenn die Veränderungen noch nicht zu weit fortgeschritten sind, durch Wiederherstellung der Circulation die Erregbarkeit wieder hervorrufen (Stenson); Brown-Séquard spritzte dazu arterielles Blut ein. Es genügt auch bei Säugethieren schon warme 1 pCt. Kochsalzlösung, um die verlorene Muskelerregbarkeit nach Unterbindung der Aorta, nach Stenson, für kurze Zeit wieder zurückzubringen (J. Ranke). Nach dem wirklich erfolgten Eintritt der Todtenstarre, nach dem Gerinnen der gerinnbaren Muskelsubstanzen ist eine Erneuerung der Circulation, eine Zufuhr arteriellen Blutes zu dem Muskel erfolglos, die Leistungsfähigkeit kehrt nicht zurück (Kühne). Es können die normalen chemischen Bedingungen, auf deren Vorhandensein die normalen Lebenseigenschaften des Muskels beruhen, dann nicht mehr restituirt werden.

Muskelerregbarkeit und Muskelreize.

In den Muskeln selbst liegt nach dem bisher Mitgetheilten die Quelle der Kraft, durch deren Uebertragung auf das Skelet die Ortsbewegung vermittelt und Arbeit geleistet wird. Die thierischen und menschlichen Maschinen unterscheiden sich insofern sehr wesentlich von den Kraftmaschinen der Mechanik, bei denen die beiden Functionen der Krafterzeugung und Uebertragung von wesentlich verschiedenen Maschinentheilen ausgeführt werden.

Wir müssen zum Schlusse dieser Betrachtung noch die Frage aufwerfen, wodurch wird der Muskel in Bewegung versetzt, wodurch wird die Spannkraft, welche in ihm angehäuft ist, in lebendige Kraft übergeführt? Auf den ersten Blick könnte man die Ansicht fassen, es müsste der Muskel, in welchem ja beständig Kräfte frei werden, ebenso beständig auch Arbeit leisten. Es sind in ihm jedoch Hemmungsvorrichtungen gegeben, welche erst durch einen Anstoss von aussen weggeräumt werden müssen, um den Muskel aus dem verkürzten in den verlängerten Zustand überzuführen. Dieser Anstoss wird durch die Muskelreize ertheilt. Die Ueberführung aus dem ruhenden in den thätigen Zustand wird als Erregung, die dem Muskel innewohnende Fähigkeit, erregt zu werden, als Erregbarkeit: Irritabilität benannt.

Der normale Reiz für den Muskel geht stets von den sich in ihm verbreitenden (motorischen) Nerven aus.

Man war der Ansicht, dass es keine eigne Muskelerregbarkeit gäbe, dass alle auf den Muskel, wie man sich vorstellte, nur scheinbar direct wirkenden Reize erst die im Muskel enthaltenen Nervenendigungen und nur durch deren Vermittelung indirect den Muskel in den Erregungszustand versetzten.

Es wurde über diesen Gegenstand lange nach beiden Seiten gestritten; der Streit hat sich mit fast absoluter Sicherheit für die directe Muskelerregbarkeit entschieden.

Kühne vor allem hat die beweisenden Thatsachen dafür gewonnen. Er fand bei ganz nervenlosen Muskelstücken, wie bei dem Ende des Frosch-Sartorius, an dem bisher das beste Mikroskop keine Nerven entdecken kann, dass sie auf

Reize in Thätigkeit versetzt werden können. Er fand Stoffe, welche nicht den directe Muskel, jedoch den Nerven erregen und umgekehrt. Kölliker hatte schon früher gefunden, dass das südamerikanische Pfeilgift: das Curare, die intramusculären Nervenendigungen tödtet, ohne darum die Muskelirritabilität aufzuheben. Es finden sich Contractionen bei absterbenden Muskeln, welche auf die Reizstelle beschränkt bleiben, ohne Rücksicht auf den Verbreitungsbezirk der an diesen Stellen verlaufenden Nervenfasern, die zu der Zeit ihre Erregbarkeit schon verloren haben (Schiff).

J. Rosenthal hat gezeigt, dass zur Erregung des Muskels selbst ein ziemlich viel stärkerer elektrischer Reiz nothwendig ist, als wenn der Reiz vom Nerven aus wirksam wird, was leicht bei mit Curare vergifteten Muskeln zu beweisen ist. Die Stärke der Contraction nimmt durch das Abtödten der Nervenenden nicht ab.

Die Lehre von den verschiedenen Muskelreizen hat für die Physiologie der Contraction eine hohe Bedeutung, da sie uns Fingerzeige dafür giebt, auf welche Weise wir uns das Zustandekommen der normalen vom Nerven aus erregten Zuckung zu denken haben.

Ausser dem normalen Nervenreize setzen den Muskel vor allem elektrische Reize und zwar rasch eintretende Schwankungen der Intensität auf den Muskel wirkender elektrischer Ströme in Erregung; vor allem das plötzliche Schliessen und Oeffnen eines constanten Stromes. Tetanus kann durch rasch aufeinander folgende Schliessung und Oeffnung hervorgerufen werden.

Auch die plötzliche Einwirkung gewisser chemischer Substanzen bringt Muskelzuckungen hervor, und zwar erfolgt dies durch Application aller Substanzen, welche rasch Veränderungen in der chemischen Zusammensetzung des Muskelinhaltes hervorbringen. Es sind diese vor allem Säuren, organische wie anorganische: Milchsäure und Salzsäure, beide schon sehr verdünnt; auch Metallsalze, alle Kalisalze schon bei starker Verdünnung, in hoher Concentration auch die Natronsalze. Verdünntes Glycerin, Ammoniak, die Salze der Gallensäuren, destillirtes Wasser, wenn es in die Muskelgefässe eingespritzt wird. Die meisten dieser Stoffe wirken vom Nerven aus gar nicht oder in anderen Concentrationsgraden.

Auch eine plötzliche Temperatursteigerung über 40° C. wirkt auf den Muskel erregend, besonders leicht Berührung mit stark erhitzten Körpern: thermische Reize.

Mechanische Alterationen, plötzliche, gewaltsame Gestaltsveränderungen der Muskelfaser: Druck, Quetschen, Zerren, Dehnen, bewirken Erregung.

Selbstverständlich ist bei der Frage, auf welche Weise der Nervenreiz den Muskel in Thätigkeit versetzt, eine thermische und mechanische Alteration von vornherein auszuschliessen. Wir werden später erkennen, dass die normale Nervenreizung und die Reizung mittelst Elektricität gewisse Analogien erkennen lassen. Nicht ganz unwahrscheinlich ist es, dass sie beide durch chemische Veränderungen, die sie im Muskel hervorrufen, wirksam werden. Man könnte an die im Gefolge der Contraction auftretende Säurebildung im Muskelsaft denken; da wir z. B. im Magensafte auf Nervenreize auch Säurebildung erfolgen sehen, kann man vielleicht eine derartige auch im Muskel aus dem gleichen Grunde annehmen. Die Säure im Momente ihres Entstehens, ehe

sie von der umspülenden alkalischen Flüssigkeit neutralisirt ist, wird den Muskel zur Zuckung veranlassen, ebenso wie wenn sie äusserlich auf ihn einwirken würde.

Das Turnen vom Standpuncte der Gesundheitspflege.

Das Turnen, eine methodische Ausbildung des gesammten willkürlichen Muskelsystemes, wird vor allem zum Zwecke erhöhter Kraft und Gewandtheit des Körpers geübt. Es hat diese Muskelübung jedoch auch einen sehr bedeutenden Werth für die Gesundheitspflege. Unsere gesellschaftlichen Zustände bedingen bei einer grossen Zahl der Männer eine meist sitzende Lebensweise; die Arbeiten erfolgen entweder ohne Muskelanstrengung oder mit nur ganz einseitiger. Noch mehr fehlt dem weiblichen Geschlecht besonders in den höheren und mittleren Ständen eine genügende Muskelbewegung. Am wichtigsten wird die Frage der methodischen Muskelausbildung und Uebung für die Erziehung der Jugend in den Schulen, in welchen sie in den meisten Fällen zu übermässig langem Sitzen und Muskelunthätigkeit gezwungen werden.

Diese Vernachlässigung in der Benützung und Ausbildung der ihrer Masse nach wichtigsten Organe des menschlichen Körpers bleibt nicht ungestraft.

Vor allem ist es die regelmässige Circulation, welche unter dem Einfluss der Muskelunthätigkeit leidet.

Der Blutzufluss wird zu thätigen Muskeln sehr bedeutend gesteigert. Indem sich das Strombette des Blutes in dem thätigen Muskelsysteme erweitert, dringt eine grössere Menge von Blut in der gleichen Zeit in die Muskeln ein. Es werden dadurch die inneren Organe des Leibes: centrales Nervensystem, Lunge, Unterleibsorgane von einer übermässig angesammelten Blutfülle befreit, welche ihre Functionen beeinträchtigte, die zu ihrem regelmässigen Zustandekommen meistens einen fortwährenden Wechsel in der Menge des Blutes, das ihnen zugeführt wird, verlangen. Vor allem zuerst macht sich, wenn die unthätigen Muskeln weniger Blut aufnehmen können, diese Störung der Circulation auf den Leberkreislauf, zu dessen Zustandekommen die geringste Kraftsumme disponibel ist, geltend. Von hier aus aber sowohl auf die Lungen als noch stärker auf den Darm und die übrigen Unterleibsorgane, deren venöses Blut durch die Leber abfliessen muss. Es bilden sich krankhafte Erweiterungen der Venen durch das langsamer abströmende, sich gleichsam anstauende Blut. Die Anhäufung des venösen Blutes in den Unterleibsorganen giebt schliesslich Gelegenheit zu der Ausbildung des Krankheitsbildes, welches von Aerzten und Nichtärzten als sogenanntes »Hämorrhoidalleiden« gefürchtet wird, welches wir mit den mannichfaltigsten Störungen, namentlich auch bei dem weiblichen Geschlechte, auftreten sehen.

Durch Muskelthätigkeit wird, abgesehen von dieser Blutentlastung der inneren Organe, auch die Ernährung der Muskeln gesteigert. Bei methodischer Uebung nehmen neben genügender eiweissreicher Nahrung die Muskeln erstaunlich in kurzer Zeit an Masse zu. Dabei nimmt das Fett des Körpers entsprechend ab, weil, solange verhältnissmässig viel Fett vorhanden ist, bei der Muskelarbeitsleistung vor allem Fett verbrennt (v. Pettenkofer und Voit). Die Anwesenheit des Fettes setzt aber die Oxydationen im Organismus herab;

jemehr wir dagegen Fleisch = Muskeln am Körper haben, desto energischer verlaufen diese Processe der Verbrennung, auf welchen schliesslich das Leben beruht. Die letztgenannten Forscher und Henneberg haben, wie wir wissen, auch gezeigt, dass auch die Sauerstoffaufspeicherung im Schlafe bei einem muskelkräftigen, eiweissreichen Organismus bedeutender ist als bei unthätigen, eiweissarmen. Auf diesem Vorrath von Sauerstoff in den Organen beruht das Kraftgefühl, das Gefühl von Wohlsein, welches wir als das hervorstechende Charakteristicum der Turner, Bergsteiger und Fusswanderer kennen.

Jede Verbesserung der allgemeinen Muskelernährung macht ihren Einfluss auch auf das Herz geltend. Umgekehrt nimmt mit der Schwächung der Gesammtmusculatur auch die Leistungsfähigkeit des Herzens ab. Dadurch tritt in noch anderer Art als oben angegeben, eine Circulationsstörung ein. Die Blutcirculation wird durch die geringere Energie der Herzaction verlangsamt. In derselben Zeit strömt also an allen Organen weniger Blut vorüber; die Zersetzungsproducte der Organe, welche wir meistens als Hemmungen der Organthätigkeit kennen gelernt haben, häufen sich nothwendigerweise in gesteigertem Maasse in den Organen an. Vor allem machen die betreffenden Stoffe ihre störenden Wirkungen auf die Muskeln und das Nervensystem geltend. Es treten durch ihre Anwesenheit in den Organen jene bekannten Zustände der Halbermüdung ein, welche als sichere Folge der Muskelunthätigkeit erscheinen. Die Unlust zur Bewegung kann sich schliesslich bis zur wirklichen Unfähigkeit dazu steigern. Die häufige Muskelschwäche des weiblichen Geschlechtes beruht zum Theil auf diesem Grunde. Für weniger angestrengte Muskeln habe ich direct einen höheren Gehalt an den betreffenden ermüdenden Zersetzungsproducten erwiesen.

Durch Muskelbewegung sehen wir zuerst vor allem die Herzaction und die Athemthätigkeit gesteigert. Die daraus folgende Beschleunigung der Blutcirculation macht sich sogleich auf die Diffusionsvorgänge zwischen Blut und Organen geltend. Die »ermüdenden« Stoffe«, welche der Organzersetzung entstammen, werden abgeführt. Die thätigsten Muskeln im Organismus sind am ärmsten an diesen Producten. Daher kommt es, dass die anfängliche Unlust, die wir nach längerer Ruhe zur Muskelanstrengung fühlen, unter der Bewegung selbst abnimmt, schliesslich verschwindet und in das Gefühl des Wohlbehagens übergeht. Die Muskelanstrengung, welche wir sonst als einen Ermüdungsgrund kennen, wird hier zur Ursache des Kraftgefühles. Nach einer ermüdenden Fusswanderung ist der Appetit und Durst bedeutend gesteigert: der Magen, dem für die Muskeln das Blut entzogen wurde, bringt uns die daraus folgende Blässe seiner Schleimhaut zum Bewusstsein (S. 265). Reichliche Nahrung führt im folgenden Schlafe zu einer reichlichen Anhäufung von Sauerstoff; wir erwachen dann nach Muskelanstrengung mit gesteigertem Kraftbewusstsein.

Aehnlich, wie auf das Muskelsystem, wirkt die Muskelaction auch auf die Nerven; jene gesteigerte Reizbarkeit mit Schwäche, welche Jedermann als Erscheinung der Nervenermüdung kennt (cfr. das folgende Capitel), sind ebenfalls Folgen der Anhäufung der ermüdenden Stoffe im Nervensystem. Auch aus ihnen werden sie durch die gesteigerte Circulation gewaschen. Am deutlichsten wird für die subjective Empfindung diese Reinigung der Nervensubstanz durch Bewegung (gesteigerte Blutcirculation) am Gehirne: objectiv (experi-

mentell) lässt sich dieselbe mit ihren Folgen an allen Nerven nachweisen. Wie eine Wolke hebt sich die geistige Missstimmung von der Stirne weg, wenn wir nach langer sitzender Berufsthätigkeit bei einer frischen Fusswanderung (Turnen) unserem Muskelsystem sein Recht gewähren.

Noch zwei heilsame Momente kommen im Gefolge der Muskelarbeit zur Geltung:

Der arbeitende Organismus verliert in sehr hohem Maasse Wasser und Wärme und erfährt eine Steigerung seines Wärmeabgabevermögens.

S. 471. ist auf das letztere schon aufmerksam gemacht worden. Es rührt offenbar daher, dass die gesteigerte Blutzufuhr zu den peripherischen Organen des Körpers, zu den Muskeln, wobei auch eine Erweiterung der Hautblutgefässe erfolgt, die Wärmeabgabe durch Steigerung der Wärmedifferenz zwischen der mehr erwärmten Körperoberfläche und der äusseren Umgebung (Luft etc.) vergrössert.

Die Vermehrung der Wasserabgabe durch Muskelthätigkeit ist am schlagendsten durch die neuen Versuche v. Pettenkofer's und Voit's anschaulich gemacht worden. Sie haben gezeigt, dass im Gefolge der Muskelarbeit die Wasserabgabe nicht nur während der Arbeitszeit selbst, sondern auch für die darauf folgende Zeit der Ruhe (im Bett) sehr beträchtlich gesteigert werde. Sie fanden bei demselben Manne:

Die Wasserabgabe am Tage während der Ruhe	344,4 Gramm
,, ,, ,, ,, ,, ,, Arbeit	1094,8 ,,
,, ,, bei Nacht ,, ,, Ruhe	483,6 ,,
,, ,, ,, ,, ,, ,, Arbeit	947,3 ,,

Wir sehen, dass mässige Arbeit und Muskelbewegung den Organismus von seiner in den Organen aufgespeicherten Wassermenge befreit, ebenso wie wir das von eiweissreicherer Nahrung gesehen haben. Nach v. Pettenkofer's geistreicher Annahme ist aber der erhöhte Wassergehalt des Organismus eine disponirende Ursache zu verschiedenartiger Erkrankung. So kann also auch nach dieser Seite die methodische Muskelanstrengung als Präservativmittel angewendet werden. (S. 169 ff.)

Die sogenannte Heilgymnastik bezweckt, und sicher für entsprechende Fälle mit bedeutender Wirkung, eine methodische (passive) Uebung einzelner Muskeln und Muskelgruppen, welche durch krankhafte Verhältnisse in höherem oder geringerem Grade in ihrer Ausbildung beeinträchtigt wurden. Da (passives) Dehnen und Zusammenpressen der Muskeln analog der Muskelzusammenziehung die Blutzufuhr zum Muskel steigert, ihm vermehrtes Ernährungsmaterial zuführt, so kann diese Art der Gymnastik ganz in dem Sinne des Turnens etc. wirksam werden. Hauptsächlich wird es sich zur Unterstützung der Wirkung elektrischer Muskel- und Nervenreizung empfehlen, oder für geringere Fälle deren Anwendung ersetzen können.

Zum Schlusse muss noch darauf aufmerksam gemacht werden, dass Alles was zum Lobe der Muskelarbeit gesagt wurde, nur seine Geltung behauptet bei genügender gleichzeitiger (eiweissreicher) Ernährung. Bei schlechtgenährten Individuen reibt die Arbeit den Organismus auf. Uebermässige Muskelanstrengung bei sonst (in der Ruhe) genügend scheinender Nahrung kann ebenfalls Anlass zu den verschiedensten Störungen geben (cfr. S. 169—170).

Einundzwanzigstes Capitel.

Allgemeine (chemische) Nervenphysiologie.

(Chemische Physiologie der motorischen Nerven).

Allgemeine Wirkungsweise der motorischen Nerven.

Die Bedingungen der Krafterzeugung liegen alle im Muskel selbst.

Man könnte sich vorstellen, und in manchen krankhaften Fällen ist es wirklich so, dass die Muskeln auch im lebenden Organismus in Folge ihrer specifischen Erregbarkeit durch Reize, welche sie direct treffen, in Thätigkeit versetzt werden. Diese idiomusculären einfachen oder tetanischen Zuckungen würden für den Zweck des Organismus Nichts zu leisten vermögen.

Nur dadurch wird die Muskelcontraction zu dem, was sie für den Organismus sein soll, dass sich die einzelnen Muskelzuckungen zweckmässig mit solchen anderer Muskeln verbinden. Nur dadurch, dass sich gleichzeitig oder abwechselnd gewisse Muskelgruppen contrahiren und erschlaffen, werden die Bewegungen hervorgebracht, auf denen die Ortsveränderung des gesammten Körpers zum Aufsuchen eines körperlichen Genusses oder Bedürfnisses, die körperliche Abwehr einer drohenden Gefahr beruht.

Es sind die Nerven, welche die rohe Muskelkraft dem Principe der Zweckmässigkeit unterordnen.

Wir finden im lebenden Organismus wie gesagt fast niemals eine Verwerthung der specifischen Irritabilität des Muskels zu Bewegungsvorgängen, stets werden diese vom Nervensysteme aus vermittelt. Es gab eine Zeit, in welcher man glaubte, dass durch den Nerven dem Muskel eine Bewegungskraft vom Gehirne aus zugesendet werde, welche im Muskel direct in mechanischer Arbeitsleistung übergeführt würde. Man versteht so, wie man dazu kommen konnte, die eigene Erregbarkeit des Muskels zu bezweifeln, ihm nur die Rolle eines Kraftübertragungsmechanismus zuzutheilen.

Einer der Hauptgründe gegen die Annahme, dass die Nerven einfache Leiter einer Bewegungskraft seien, wie die Röhren, welche den erhitzten Dampf unter den Kolben der Dampfmaschine führen, ist der, dass schon sehr minimale Reize, welche den ausgeschnittenen Nerven ebenso wie die Antriebe vom Gehirne aus den in normaler Verbindung befindlichen in Thätigkeit

versetzen, hinreichen, um eine grosse Kraftleistung des dazu gehörigen Muskels herbei zu führen. Ein elektrischer Strom, dessen Bewegungskraft kaum mit den feinsten Hülfsmitteln nachgewiesen werden kann, also fast = 0 ist, ist im Stande vom Nerven aus wirkend, einen Muskel zum Heben von grossen Gewichten, zu grossen mechanischen Leistungen zu veranlassen. Andererseits erreicht die Nervenerregung bald ein Maximum, über das hinaus sie keine stärkere Zuckung des Muskels mehr hervorruft; sodass also mit der Steigerung der im Nerven strömenden Bewegungskraft keine Steigerungen in den Leistungen des Muskels eintreten, wie sie doch erfolgen müssten, wenn die Muskelkraft nur übertragene Nervenkraft wäre. Dabei ist die vom Muskel geleistete Arbeit stets weit grösser als sie der Nervenkraft entsprechen würde. Wäre die Muskelkraft eine Uebertragung der Nervenkraft, so müsste sie, da bei allen Uebertragungsvorgängen nothwendig ein Theil der zu übertragenden Kraft unverwendet abfällt, kleiner nicht grösser sein, als letztere.

Die Physiologie duldet keine Erklärungen, welche den Gesetzen der Mechanik sich nicht unterordnen lassen. Es ist möglich, ein mechanisches Bild von dem Kräfteverhältniss in Muskel und Nerven zu entwerfen entsprechend den sogenannten Hemmungs- oder Auslösungsvorrichtungen bei Uhrwerken und ähnlichen Maschinen, durch welche mit einer minimalen Kraft eine ganze Reihe fortdauernder mechanischer Leistungen ausgelöst werden kann.

Eine gespannte Feder, welche ein Räderwerk in Bewegung setzt und dadurch Arbeit leistet, kann in ihren Leistungen dadurch, dass man irgendwo einen unüberwindlichen Widerstand: eine Hemmung anbringt, trotz der fortdauernden Spannung, unterbrochen werden. Ist die Hemmungsvorrichtung zweckmässig eingerichtet, so genügt ein minimaler Kraftaufwand, um sie zur Seite zu schieben und das Uhrwerk in Gang zu setzen. Eine sehr kleine Kraft wird dadurch Ursache verhältnissmässig sehr bedeutender Wirkungen. Die Spannkräfte der Feder werden durch das Wegräumen der Hemmung ausgelöst.

Auch im Muskel haben wir eine der im oben geschilderten Uhrwerke ähnliche Anhäufung von Spannkräften, die durch den Nerven ausgelöst werden. So verstehen wir, wie es möglich ist, dass der Aufwand von Nervenkraft nicht im Verhältnisse der Gleichheit steht zur erzeugten Muskelarbeit.

Endigungsweise der motorischen Nerven.

Der allgemeine Bau der Nerven hat schon S. 28 ff. genügende Besprechung gefunden.

Die Blutgefässe der Nerven sind in Anordnung und Zahl sehr verschieden an den Nervenfasern und Nervenzellen. Bei ersteren sind sie sehr sparsam, ähnlich wie bei dem Muskel in regelmässigen langen Maschen an den Fasern hinlaufend, die Ganglienzellenhaltigen Nerventheile dagegen enthalten ein reichliches, vielverflochtenes Capillarnetz.

Man hat sich lange bemüht, die Endigungsweise der Nerven in den Muskeln zu erforschen. Die Untersuchungen von Kühne, welche von verschiedenen

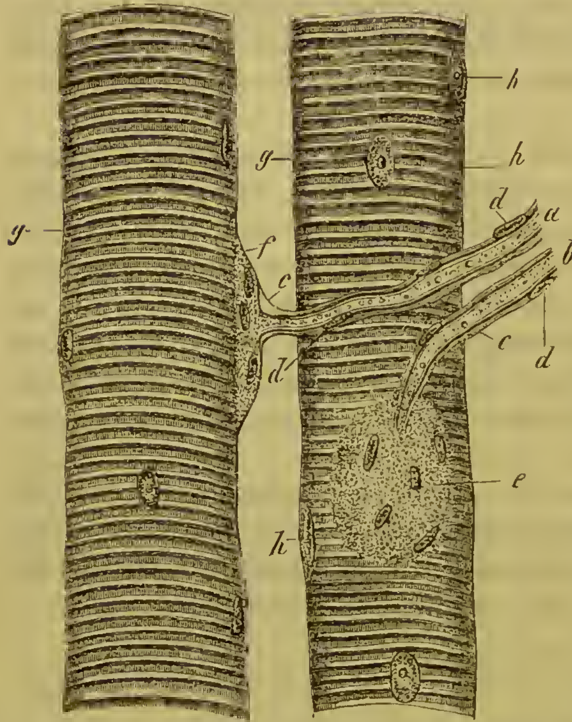
Seiten her Bestätigung erfahren haben, verbreiteten Licht über den bisher so dunklen Gegenstand.

Die Nervenendigungen treten in directe Berührung mit dem Inhalte des Muskelrohres.

Es war diess der erste Nachweis, dass auch die Nerven, welche nicht Sinnesorganen angehören direct in den ihrer Wirkung unterworfenen Apparaten endigen. Durch die Entdeckung Pflüger's, dass auch die Drüsennerven (Speichelnerven) in die Drüsenzellen selbst eintreten, um dort sich mit dem Zelleninhalt, den sie beeinflussen, direct zu verbinden, ist dieses Verhalten für alle Nerven bestätigt.

Die Endigungsweise der Muskelnerven ist nach den verschiedenen Thiergattungen verschieden. Constant tritt jedoch die Nervenfaser, die aus einer Theilung einer Primitivfaser in einen sogenannten Endbusch hervorgegangen ist, durch das Sarkolemma hindurch und endet in dem Sarkolemmschlauche in einer zwischen Sarkolemma und seinem contractilen Inhalte gelegenen granulirten einfach lichtbrechenden Substanz. Eingesprengt in jene granulirte Masse finden sich in Muskeln mancher Thiere z. B. der Insecten grössere Körperchen mit einem feinkörnigen trüben Inhalt, während die Muskeln anderer Thiere z. B. der Säuger dort grössere, von ganz durchsichtigem nicht körnigen Inhalte erfüllte Körper enthalten, welche als Kerne anzusehen sind (Fig. 147.). Die granulirte Substanz mit ihren Kernen bildet in der Regel auf der contractilen eine hügelförmige Erhebung mit nahezu kreisförmiger Basis: den Nervenhügel; sie breitet sich jedoch auch häufig kuchenartig flach unter dem Sarkolemma aus als Nervenendplatte, oder bildet langausgezogene schmale Stränge; oder zeigt gelappte Ränder mit kolbigen Endigungen.

Fig. 147. (*F.*)



Zwei Muskelfäden aus dem Psoas des Meerschweinchens mit den Nervenendigungen. *a. b* Die Primitivfasern und ihr Uebergang in die beiden Endplatten *e. f*; *c* Neurilemm mit Kernen *d. d* übergehend in das Sarkolemma *g. g*; *h* Muskelkerne.

Von diesen Endorganen aus findet der Erregungsvorgang des Muskels statt, sie sind die Uebertragungsmechanismen der Kraft, welche in dem Nerven von den dazu gehörenden Ganglienzellen aus erregt wird.

Physikalisch-chemische Nerveneigenschaften.

Zum Verständnisse der Lebensbedingungen des Nerven müssen wir seine chemischen und physikalischen Eigenschaften in derselben Weise studiren, wie wir diess bei den bisher besprochenen Organen, Knochen und Muskeln gethan haben.

Die mechanischen Eigenschaften, die wir dort einer eingehenden Prüfung unterworfen haben, interessiren uns hier weit weniger: Der ruhende Nerve ist von dem thätigen nicht in seiner Form verschieden, es zeigt sich an ihm keine Gestaltsveränderung analog der Muskelcontraction, die uns zu Untersuchungen über seine Elasticitätsverhältnisse veranlassen könnte; er ist keinem höheren Maass von Zug oder Druck ausgesetzt, denen er durch eine besondere Festigkeit genügen müsste. Mit dem freien Auge schon nimmt man an ihm eine deutliche Querstreifung wahr, die den Namen der Fontana'schen Bänderung trägt und ihr Ansehen einer senkrecht auf die Längsaxe verlaufenden regelmässigen Faltung oder Einknickung verdankt. Die Nerven sind etwas länger als es zur directen Verbindung der Arbeitsorgane mit den Centralorganen: Rückenmark und Gehirn nöthig wäre, sodass sie sich stattfindenden Gestaltsveränderungen der Glieder, die den Nerven zu dehnen streben, durch Verstreichen dieser Fältchen anpassen können.

Der eigentliche Schwerpunct bei der Untersuchung der Nerven ist auch hier auf die chemischen Bedingungen ihrer Krafterzeugung zu legen, die zweierlei Art ist, insoferne wir einmal elektrische Ströme an ihm in gesetzmässiger Richtung den im Muskel beobachteten analog wahrnehmen (E. du Bois-Reymond), die in sicherem Wechselverhältniss zu der Stärke der Lebenseigenschaften und der chemischen Zusammensetzung des Nerven stehen und sich mit diesen ändern; und andererseits den Nerven eine Kraft entwickeln sehen, als deren Resultat die Contraction des dazu gehörigen Muskels oder die Empfindung in den nervösen Centralorganen erfolgt.

Leider sind in keinem Gebiete die Untersuchungsacten noch so wenig geschlossen wie hier.

Die Schwann'sche Nervenscheide scheint wie das Sarkolemma nicht aus eigentlicher elastischer Substanz zu bestehen, sie zeigt sich weit löslicher als dieses. Sie löst sich in Aetzkali, Natron und concentrirter Schwefelsäure, vielleicht auch starker Salzsäure. Wir haben also hier eine Zwischenstufe zwischen eigentlichem Bindegewebe und elastischem Gewebe.

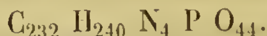
Der Inhalt der Nervenröhren ist, wie aus allen bisherigen Untersuchungen, so wenig vollständig sie sein mögen, hervorgeht, ein äusserst zusammengesetzter, ebenso der Nervensubstanz, die Ganglienzellen in ihrer Masse enthält, die selbstverständlich isolirt nicht untersucht werden können.

Die Stoffe, in welche man das Nervengewebe zerlegen kann, trennen sich zuerst nach den zwei Hauptgruppen der organischen Gewebsstoffe: in Albuminate und ihre stickstoffhaltigen Abkömmlinge, die durch Oxydation entstehen, und die Kohlehydrate und Fette.

Ueber die specifischen Eigenschaften der in der Nervenmasse vorkommenden *Eiweissstoffe* ist noch wenig Sicheres bekannt. Doch scheinen

die Nervenzellen mehr Eiweissstoffe zu enthalten wie die Fasern, da die graue kernehaltige Hirnmasse weit mehr Stickstoff enthält als die weisse, welche der Hauptmasse nach aus Nervenfasern besteht (J. Ranke). Nach Hoppe-Seyler enthält das Gehirn vor allem Caseïn. Die Eiweissstoffe sind in der Nervenfaser im Axencylinder angehäuft. Im Nervenmarke, das den Axencylinder umhüllt fand O. Liebreich einen krystallisirbaren hochzusammengesetzten Körper: das Protagon, welches Phosphor und Stickstoff enthält, und aus welchem durch weitere Zersetzungen die Hauptmasse der früher als Bestandtheile des Nervengewebes beschriebenen Stoffe entsteht.

O. Liebreich giebt für das Protagon als die Formel der Zusammensetzung an:



$$C_{232}\ H_{240}\ N_4\ P\ O_{44}.$$

Es zersetzt sich bei längerem Kochen mit Alkalien (Barytwasser) in gewöhnliche Fettsäuren, in eine organische phosphorhaltige Säure, die man schon früher aus der Nervensubstanz dargestellt hatte: Glycerinphosphorsäure: $C_6\ H_9\ P\ O_{12}$ und einen stickstoffhaltigen basischen Körper: Neurin: $C_{10}\ H_{13}\ N$. Nach A. Baeyer ist das Neurin mit dem von Strecker in der Galle aufgefundenen Cholin identisch. Da Strecker auch Glycerinphosphorsäure in der Galle fand, so enthält jene wohl primär Protagon, als dessen Zersetzungsproducte die beiden letztgenannten Stoffe zu betrachten wären.

Das Protagon bildet unter Umständen jene eigenthümlichen Gerinnungsformen, die man mit dem Namen Myelinformen belegt hat.

Im Gehirne (Oberfläche desselben) finden sich öfters (normal?) Stärkemehl ähnliche Körnchen Corpuscula amylacea, sie scheinen stickstoffhaltig (C. Schmidt) und färben sich in Iodkalium-Iodlösung schmutzig violett (Fig. 148.).

Fig. 148. (F.)



Corpuscula amylacea aus dem Gehirn des Menschen.

Bibra erhielt aus dem Gehirne eine grosse Reihe von Fettsäuren, welche sich nach ihren Schmelzpuncten verschieden verhalten, die zwischen 22 und 48° R. liegen. Ausserdem fand er eine ölige Säure, welche erst bei — 4° erstarrte und einen Körper, welcher erst bei 75° schmolz.

Ausser den genannten organischen Gewebsstoffen und sogleich zu nennenden Zersetzungsproducten derselben finden sich in der Nervensubstanz noch anorganische Salze, deren sorgfältige Analyse von Breed herrührt. Von besonderem Interesse ist der enorme Reichthum an freier Phosphorsäure und phosphorsauren Alkalien neben sehr geringen Mengen phosphorsaurer Erden, phosphorsauren Eisenoxyds, Chloralkalien und schwefelsauerem Kali. Die Asche der an Nervenzellen reichen grauen Hirnmasse scheint wesentlich verschieden von derjenigen der markhaltigen, weissen Fasersubstanz, indem erstere nach Lassaigne stark alkalisch reagirt, letztere sauer, von der freien Phosphorsäure herrührend. Der Zelleninhalt scheint das phosphorhaltige Protagon danach in geringen Mengen zu enthalten. Kühne wies diesen Mangel an Protagon direct für die Nervenendplattensubstanz nach, welche mit dem Axencylinder hierin übereinstimmt.

Im Innern der Zellen und Fasern sind die genannten organischen und anorganischen Stoffe, soweit sie schon frei vorkommen, gelöst enthalten. Es ist die Nervenmasse, soweit sie specifischen organischen Thätigkeiten vorsteht, wie die Muskelmasse eine gelöste, homogene Substanz. Proteïnstoffe und Fette sind gemischt, doch scheint die bandartige Anhäufung der Proteïnstoffe in der Mitte des Muskelrohres: der Axencylinder schon während des Lebens zu existiren. In Folge des Absterbens gerinnt die Nervenflüssigkeit, wohl durch das von Funke zuerst nachgewiesene Auftreten einer saueren Reaction im Nerveninhalte; das Phänomen der Säuerung des Nerven ist der Todtenstarre des Muskels ganz analog. Die Säuerung tritt bei dem Liegen des Nerven in gewöhnlicher Temperatur ein, rascher bei höherer (Blut-) Temperatur.

Physiologische Aenderungen in der chemischen Nervenzusammensetzung.

Trotz aller Mängel in der Erforschung der Grundfragen — hat man ja doch noch nicht die physiologischen Zustände des Nerven auf ihren Einfluss auf seine chemische Zusammensetzung untersucht — steht doch schon jetzt unweigerlich fest, dass die Thätigkeit des Nervengewebes auf einem Stoffumsatze beruht, genau so, wie wir einen solchen als Grund der Muskelthätigkeit erkannt haben. Es bürgt uns vor allem dafür die Veränderung des elektromotorischen Verhaltens des Nerven während seiner Thätigkeit, die von du Bois-Reymond entdeckte negative Schwankung des Nervenstromes, welche, wie sich ergeben wird, wie bei dem Muskel auf chemischen Aenderungen der Nervensubstanz beruhen muss.

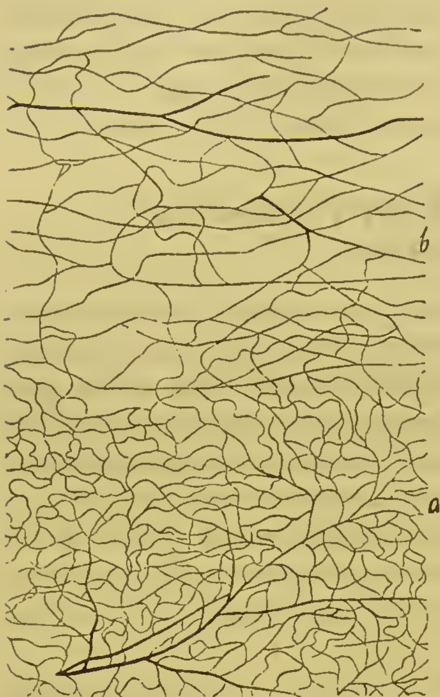
Es findet im Nervengewebe schon in der Ruhe ein Stoffwechsel statt; das Blut kommt venös aus demselben zurück, beladen mit den Producten der fortwährend in ihm stattfindenden Oxydation namentlich mit Kohlensäure. W. Müller hat im Gehirne die uns aus dem Muskelgewebe bekannten Oxydationsproducte der Albuminate aufgefunden: Inosit, Milchsäure, Ameisensäure, Essigsäure, Kreatin, Harnsäure, Hypoxanthin, Leucin.

Wir müssen aus diesen Thatsachen eine chemische Grundlage der Nerventhätigkeit als erwiesen erachten. Leider fehlt es uns freilich noch an jeder genaueren, besonders quantitativen Erforschung der Vorgänge. Wir wissen von den Unterschieden in dem Chemismus des ruhenden vom todten Nerven bis jetzt nur durch die Beobachtung von Funke, die ich vollkommen bestätigen kann, dass der Nerveninhalt, welcher bei ruhenden Nerven deutlich alkalisch ist, bei der Thätigkeit ebenso aus der neutralen in die sauere Reaction übergeht wie der Muskelsaft. Bei allgemeinen Muskelkrämpfen wird das gesammte Nervensystem, Gehirn, Rückenmark, peripherische Nerven (motorische und sensible?) sauer. Bei directer elektrischer Nervenreizung, sehen wir zuerst nur an der gereizten Stelle eine sauere Reaction auftreten, während die ausser den Elektroden liegenden Nervenstücke noch neutral oder alkalisch sind. Eine gesteigerte Wärmebildung scheint bei der Nerventhätigkeit nicht einzutreten.

Ueber die Grösse des Stoffwechsels im Nerven wissen wir nichts Genaueres. Aus der Vertheilung der Blutcapillaren, auf deren grösserer oder geringerer Anzahl unter sonst gleichen Verhältnissen sicher die Grösse der Oxyda-

tion in den verschiedenen Geweben beruht, müssen wir schliessen, dass in den Nervenzellen, zu denen eine grössere Blut- und damit Sauerstoffzufuhr stattfindet, ein lebhafterer Oxydationsprocess stattfindet als in den weniger reich mit Blutgefässen versehenen Nervenfasern (Fig. 149.). Schon dadurch geben sich die ersteren als Herde der eigentlichen Nervenaction zu erkennen.

Fig. 149. (*K.*)



Gefässe der Hirnsubstanz des Schafes nach einer GERLACH'schen Einspritzung, *a.* der grauen, *b.* der weissen Substanz.

Wie im Muskel so sehen wir auch im Nerven die normalen Lebenseigenschaften, seine Erregbarkeit geknüpft an eine normale chemische Zusammensetzung. Wir sehen eine Veränderung des chemischen Verhaltens der Nerven während seiner Thätigkeit: das Sauerwerden des Nervenröhreninhaltes auftreten, wir finden Stoffe in ihm aus der Zersetzung seiner Substanz hervorgegangen, die wir am Muskelgewebe nach verschiedner Richtung wirksam gefunden haben, wir müssen vermuthen, dass diese Stoffe auch auf die Erregbarkeit des Nerven einen bestimmenden und bestimmbaren Einfluss ausüben.

Schwankungen in der chemischen Zusammensetzung der Nervensubstanz finden sich am leichtesten nachweisbar im verschiedenen Wassergehalt. Derselbe zeigt deutliche Beziehungen zu den Functionen der Nervensubstanz.

Das Nervengewebe, besonders das Gehirn, ist sehr wässerig bei Kindern, nimmt mit dem Heranwachsen an festen Stoffen zu bis zu einem gewissen Maximum im mittleren Alter, von da nähert es sich wieder durch Rarefication seiner festen Elemente dem kindlichen Zustande an. (J. RANKE). Sicher beruht auf diesem Verhältnisse die Intensität der Gehirn- und Nervenfunctionen in den verschiedenen Lebensaltern des Organismus. Alle Actionen sind allein an die festen Stoffe geknüpft, mit ihrem Abnehmen muss auch die Stärke der Action in der Zeiteinheit beschränkt werden.

BIBRA giebt für das Gehirn im Mittel den Wassergehalt zu 75,6 % an. Die weisse Substanz ist wasserärmer als die graue, erstere enthält 73 % letztere über 80 %. Das Rückenmark 66 %, die Nerven von 32—67 %.

Diese von BIBRA gefundenen Schwankungen im Wassergehalte der Nerven desselben Organismus muss von grosser physiologischer Bedeutung sein wie sich aus dem Obenangedeuteten und den directen Untersuchungen von HARLESS ergiebt, der mit der Zunahme und Abnahme an Wasser, das er durch künstliche Quellung in Wasser in den Nerven hinein und durch Trocknen in warmer Luft aus ihm herausbrachte, im umgekehrten Verhältnisse die Erregbarkeit steigt und fällt, sodass wasserärmere Nerven schon durch einen kleineren äusseren Reiz in Thätigkeit versetzt werden können als wasserreichere; worauf das leichtere Eintreten von Krampfanfällen beruht bei Krankheiten,

die wie die Cholera mit starken Wasserentziehungen aus dem Blute einhergehen.

Es existirt eine constante Beziehung zwischen dem Wassergehalte der übrigen Gewebe des Körpers und des Gehirnes. Je wasserreicher jene und das Blut sind, desto wässeriger wird auch das Gehirn. (J. Ranke). Es geht aus dieser Thatsache hervor, dass alle Ernährungshemmungen, welche mit einem unersetzten Verbrauch von festen Gewebsstoffen verknüpft sind, auch auf die festen Stoffe des Gehirnes und damit auf seine Leistungen vermindernd einwirken müsse. So erklären sich die deprimirenden Einwirkungen auf die Gehirnthätigkeit, die wir in Folge von Hunger und ungenügender Ernährung wie von consumirenden Krankheiten auftreten sehen.

Wir sehen so bei dem Nervengewebe in Beziehung auf seine Verschiedenheiten im Wassergehalte vollkommen analoge Verhältnisse in Wirksamkeit treten, wie wir sie bei dem Muskel gefunden haben. Ganz ähnlich ist es bei den verschiedenen chemischen Veränderungen, die wir willkürlich in der Nervenflüssigkeit hervorrufen können entsprechend den Veränderungen, die der Nerve in Folge seines eigenen Stoffumsatzes erleidet. Dieselben Stoffe, welche wir dann, wenn sie in grösserer Menge im Muskelsafte angehäuft sind, auf die Muskelerregbarkeit von Einfluss gefunden haben, zeigen einen solchen auch unter den analogen Bedingungen auf den Nerven. Doch zeigt sich der bedeutende Unterschied, dass dieselben Stoffe, welche die Erregbarkeit des Muskels herabsetzen, die ermüdenden Stoffe: Milchsäure und saueres phosphorsaueres Natron eine Erregbarkeitserhöhung im Nerven bedingen. Es zeigt uns diess, wie principiell verschieden die Lebenseigenschaften der beiden Gewebe sein muss. Es genügt während der Einwirkung der ermüdenden Stoffe auf den Nerven eine bedeutend geringere Reizstärke, um eine Zuckung vom Nerven aus auszulösen als vorher.

Die Ermüdung des Nerven.

Diese Erhöhung der Erregbarkeit des Nerven durch die genannten Stoffe ist die correspondirende Erscheinung zur Ermüdung des Muskels. Es ist deutlich, dass wir in Muskel und Nerven gerade das entgegengesetzte Verhalten als Ermüdung bezeichnen müssen.

Wäre dieses Verhalten nicht in dieser Weise antagonistisch, so könnten die Muskelleistungen, die sich aus der Action der Muskeln und ihrer motorischen Nerven zusammensetzen, nur eine sehr kurze Zeit andauern. Dadurch, dass während der Muskel weniger erregbar wird, während er ermüdet und darum einen stärkeren Reiz zur Hervorbringung der gleichen Contractionsgrösse erfordert, der Nerve in Folge derselben Ursachen in seiner Erregbarkeit gesteigert ist, also einen bedeutenderen Reiz bei gleichbleibender Stärke der Erregung von den Centralorganen aus auf den Muskel einwirken lässt, bleibt trotz der sich steigernden Bewegungshemmung im Muskel seine Leistung für eine längere Zeit constant, ja sie steigt sogar unter normalen Bedingungen zu Anfang der Arbeitsleistung etwas, zum Beweise, dass die Erregbarkeitserhöhung des Nerven die Erregbarkeitsverminderung des Muskels anfänglich übercompensirt.

Die Kohlensäure wirkt auf beide Gewebsgattungen gleichzeitig erregbarkeitsvermindernd ein.

Es unterliegt nach diesen und weiteren Untersuchungen keinem Zweifel mehr, dass all den verschiedenen Erregbarkeits- und Reizzuständen in den verschiedenen Geweben Stoffverschiedenheiten derselben zu Grunde liegen. Wo wir eine physiologische Thätigkeit veränderlich sehen in einem Organe müssen wir eine Veränderlichkeit seiner chemischen Zusammensetzung annehmen. Die verschiedene Reaction der Nerven und Muskeln gegen die gleichen chemischen Veränderungen zeigt wie mannigfaltig die chemischen Wirkungen sein mögen. Ein Stoff, der an irgend einer Stelle entsteht, ohne daselbst weitere Veränderungen in dem physiologischen Verhalten hervorzurufen, kann in's Blut und von da aus in ein anderes Organ gelangt, die weit tragendsten Veränderungen hervorrufen. Besonders zeichnen sich darin die Gehirn- und Rückenmarksorgane durch eine mannigfach verschiedene Reaction den Oxydationsproducten gegenüber aus.

Wie bei dem Muskel so genügt auch bei dem Nerven eine einfache Entfernung der ermüdenden Stoffe, um die alte Höhe der Erregbarkeit wieder zurückkehren zu lassen, die Ermüdung also zu beseitigen. Der Bluteirculation ist dieses wichtige Geschäft übertragen, das sie mit Hülfe gesteigerter Diffusion hier wie dort verrichtet.

Nun ist es klar, warum sowohl anhaltende Thätigkeit wie anhaltende Ruhe die Erregbarkeit des Nerven herabsetzt.

Was dort durch eine Vermehrung der Oxydation in der Zeiteinheit erreicht wurde, die Vermehrung der ermüdenden Stoffe im Gewebssafte, dasselbe wird bei anhaltender Ruhe durch Verminderung der Circulations- und damit der Diffusionsenergie hervorgebracht. So häufen sich auch im letzteren Falle die Zersetzungsstoffe auf und bringen endlich lähmende Wirkungen hervor, dadurch dass sie die normalen Oxydationsverhältnisse definitiv verändern. Die mikroskopische Betrachtung zeigt eine fettige Degeneration der lange ruhenden Muskeln und Nerven.

Auf die Wirkung anhaltender Thätigkeit kann durch Ruhe wieder Erholung folgen; auf anhaltende Ruhe bringt, wenn die Erregbarkeit noch nicht vollkommen verloren ist, vorsichtig und langsam wieder eingeleitete Bewegung die Erregbarkeit in normaler Weise zurück. Es ist dieses eines der Hauptprincipien der Nerven- und Muskeltherapie, wonach sich das Verhalten des Arztes zu richten hat.

Absterben des Nerven.

Gegenüber diesen bisher besprochenen in's Bereich der normalen Stoffschwankungen gehörenden chemischen Veränderungen der Gewebe bringen selbstverständlich grobe Umgestaltungen derselben einen definitiven Verlust der Nervenerregbarkeit hervor, so das Vertrocknen, die Einwirkung verschiedener stark angreifender chemischer Substanzen, die normal mit dem Nerven nicht in Berührung kommen. Dasselbe thuen die Einwirkungen höherer Temperaturen. Bei Froschnerven vernichtet eine Temperatur von über 45 ° C. die Erregbarkeit; die Vernichtung geht um so rascher, je höher die wirksam

werdenden Temperaturen sind, sie ist augenblicklich bei 70°; bei 50° ist durch Abkühlen eine Wiederherstellung der Erregbarkeit möglich (J. Rosenthal).

Auch grob mechanische Einflüsse vernichten die Erregbarkeit definitiv, wie Quetschen und Zerren. Ein Schnitt durch den Nerven dagegen vernichtet seine Erregbarkeit nicht. Bei den kaltblütigen Thieren bleibt der Nerve sogar ausgeschnitten, also den Bedingungen der Circulation fast vollkommen entzogen — es bleibt nur noch die Diffusion zwischen dem eigentlichen Nervenröhreninhalte und den in den dem Nerven noch anhaftenden Blut- und Lymphgefässen restirenden Flüssigkeiten bestehen — noch längere Zeit erregbar, wenn er gegen die Wirkung des Eintrocknens geschützt ist. Doch treten nach und nach Veränderungen ein in Folge der Verletzung. Ist ein Nerve nicht mehr mit seinen Centralorganen in Verbindung, so nimmt seine Erregbarkeit erst beträchtlich zu, sinkt dann aber bis zum Erlöschen. Anlegen eines neuen Querschnittes beschleunigt den Ablauf dieses Vorganges (Rosenthal).

Der Vorgang des Absterbens läuft schneller an den höher gelegenen, den Centralorganen primär näher gelegenen Nerventheilen ab als in den entfernteren Nervenstrecken (Ritter-Valli'sches Gesetz).

In einem von den Centralorganen abgetrennten aber im Körper verbleibenden Nerven stellen sich in Folge der anhaltenden Unthätigkeit ziemlich rasch chemische und morphologische Veränderungen ein, die schon oben genannte fettige Degeneration. Sind die beiden Schnittenden aber in Berührung, so wachsen meist die Nervenfasern wieder zusammen, sodass die normale Verbindung und damit die normale Function der Theile wieder zurückkehrt. Es scheint, dass unter normalen Bedingungen stets die motorischen und sensiblen Fasern in alter Weise sich bei dem Zusammenwachsen wieder vereinigen.

Nervenreize.

Wie für den Muskel die normale Erregung stets von den Nerven aus erfolgt, so werden den Nerven die Anstösse zur Erregung bei normalen Verhältnissen stets von den nervösen Centralorganen aus vermittelt.

Aehnlich wie der Muskel besitzt auch die Nervenfaser ihre eigene Irritabilität, sodass sie auch abgetrennt von den Centralorganen noch in den erregten Zustand überzugehen vermag; unter normalen Bedingungen wird diese idionervöse Erregbarkeit jedoch ebensowenig zur Bewegungsvermittelung benützt wie die idiomusculäre. Die Unterordnung der Bewegungen unter das Princip der Zweckmässigkeit für die Bedürfnisse des Organismus ist also nicht sowohl den Nervenfasern selbst als den nervösen Centralorganen übertragen. Ein mechanischer Reiz auf die Continuität des Nerven ausgeübt, wie Durchschneiden, Zerren, Druck, Quetschen bringt Muskelzuckungen hervor, die aber ebenso wenig für den Organismus zu leisten vermögen, wie die durch directe Reizung des Muskels entstandenen.

Das Studium der Nervenreize hat selbstverständlich den Hauptzweck, den normalen Vorgang der Nervenerregung von den Ganglienzellen aus zu erklären. In therapeutischer Hinsicht ist es nöthig, Nervenreize zu kennen, welche dann, wenn der Zusammenhang der Nerven mit den Centralorganen

gestört und damit die Action der Nerven und Muskeln gehemmt ist, leicht gestatten die betreffenden Organe doch noch zeitweise in Thätigkeit zu versetzen, um sie den tödtenden Einwirkungen der Unthätigkeit zu entziehen. Auch für diagnostische Zwecke sind derartige Reizungen vonnöthen, um zu entscheiden, ob bei gewissen krankhaften Zuständen die Muskel- und Nervenerregbarkeit fortbesteht oder nicht.

Zu letzteren Zwecken eignet sich vor allem die elektrische Reizung des Nerven mit Hülfe von Intensitätsschwankungen, Unterbrechen und Schliessen eines constanten elektrischen Stromes. Ausgeschnittene Nerven und das Rückenmark reagiren auch, wie wir sehen werden, auf sehr starke und sehr schwache Ströme, die sie in constanter Intensität längere Zeit durchfliessen.

Die chemischen Reize für den Nerven bedürfen alle einer stärkeren Concentration als die Muskelreize (Kühne). Als solche sind concentrirte Lösungen von Mineralsäuren, concentrirte Milchsäure und Glycerin, Alkalien, Alkalisalze zu nennen. Ammoniak und Metallsalze, die den Muskel erregen, tödten den Nerven ohne Zuckungen auszulösen. Auch Wasserentziehung (durch Salze) wirkt bei einem gewissen Stadium erregend.

Höhere Temperaturen tödten den Nerven bekanntlich, eine Temperatur von 40—45° C. erregt ihn hingegen, ohne zu tödten.

Aus diesen Reizungsversuchen des Nerven geht noch nicht mit voller Sicherheit hervor, in welcher Weise die Erregung von den Ganglienzellen aus stattfindet.

Die Lebenserscheinungen des Nerven sind wie die des Muskels mit elektrischen Vorgängen auf das Innigste verknüpft. Man könnte denken, dass der Reizvorgang im Nerven durch elektrische Vorgänge in den Ganglienzellen, etwa durch eine Intensitätsschwankung eines elektrischen Stromes, der sie durchfliesst, durch eine negative Schwankung hervorgebracht würde. Leider weiss man über die Elektricitätsentwickelung der Ganglienzellen Nichts, sodass diese Annahme als unbegründete Hypothese dasteht.

Vielleicht mit mehr Anschein auf Wahrheit könnte man, wie bei der Erregung des Muskels, an chemische Reize denken, da ja constatirt ist, dass durch den Gehirnstoffwechsel chemische Nervenreize: Milchsäure und Phosphorsäure (saure phosphorsaure Salze) erzeugt werden.

Ueber die Art, wie die Thätigkeit der Ganglienzellen hervorgerufen wird, wissen wir nur äusserst wenig. Doch scheint auch in ihnen der Reizungsgrund in chemischen Stoffen zu beruhen.

Die Ganglienzellen des Setschenow'schen Reflexhemmungsorganes im Gehirne des Frosches können durch concentrirte Salzlösung in den gereizten Zustand versetzt werden, der zur Folge hat, dass das Thier keine Reflexbewegungen mehr hervorbringen kann, bei ungestörtem Fortbestand seiner übrigen Functionen. Dasselbe thut Harnstoff schon in geringen, die Organe sonst nicht angreifenden Concentrationen. Der Frosch, dessen Blut künstlich mit Harnstoff beladen ist, athmet, hat Herzbewegung, seine Nerven und Muskeln reagiren vollkommen ungestört auf elektrische Reize, nur die Fähigkeit zu Reflexbewegungen ist verloren. Aehnlich wirkt Hippursäure, die aber auch eine schwache lähmende Wirkung auf die Muskeln namentlich das Herz zeigt. Beides sind Stoffe, die normal stets im Organismus gebildet werden, der Harn-

stoff ist stets im Blute vorhanden, sodass wir bei der Thätigkeit der besprochenen Ganglienzellen wohl daran denken können, dass sie auf seinem Wirksamwerden beruht. Ueber die Reize für die übrigen Ganglienzellen ist noch fast Nichts weiter erforscht. Die Ganglienzellen des Athemcentrum's im verlängerten Marke scheinen durch Sauerstoffmangel erregt zu werden (Rosenthal), eine Einwirkung, die sicher in chemischen Veränderungen im Gefolge dieses Mangels ihren letzten Grund besitzt.

Gesteigerter Kohlensäuregehalt des Blutes führt anfänglich auch zu einer Reizung des Reflexhemmungsorganes, bald aber entwickelt sich aus dieser eine Lähmung desselben aber gleichzeitig mit einer Lähmung auch der peripherischen Reflexmechanismen im Rückenmarke, sodass keine Reflexe mehr auftreten können, auch nachdem man das Gehirn vom Rückenmark abgetrennt hat, was bei den oben genannten Reizen nicht der Fall ist. Die Kohlensäure scheint alle Nervenzellen rasch zu tödten. Die Einwirkung auf die Nervenfasern dagegen ist verhältnissmässig gering und langsam — ebenso auf den Muskel —. Die Reflexmechanismen (Ganglienzellen) im Rückenmarke sind vollkommen getödtet, wenn die Erregung des Rückenmarks selbst noch fast ungeschwächt gelingt. (J. Ranke).

In der Hippursäure haben wir ein Beispiel, dass sich auch in Beziehung auf die Ganglienzellen antagonistische Verhältnisse finden bei der Wirkung desselben Stoffes in dem Inhalte verschiedener Zellen. Die Hippursäure erregt die Reflexhemmungszellen und hebt einen schon bestehenden Erregungszustand der peripherischen, im Rückenmark gelegenen Reflexzellen auf. Der enthirnte Frosch, in dessen Gefässe man etwas Hippursäure gelöst in 0,7 % Kochsalzlösung einsprützt, legt, wenn er seine Beine vorher reflectorisch an den Leib gezogen hat, diese ruhig zur Seite, während keine Veränderungen in der Erregbarkeit seiner Nerven und Muskeln aufzufinden ist, sodass wir diese Wirkung allein auf die Reflexzellen beziehen müssen. Dabei bleibt seine Fähigkeit zu Reflexen ungeschwächt. (J. Ranke).

Es genügen die bisherigen Beobachtungen wenigstens dazu, um uns zu zeigen, das in allen Organen der Bewegung der Erregungszustand mit materiellen Aenderungen verknüpft ist, die wir als letzte Ursache ihrer Thätigkeit auffassen können. Bei der Besprechung der einzelnen Gehirnfunctionen werden wir auf diese Frage nochmals zurückkommen. Dort erst werden wir auch die Willenseinflüsse auf die Bewegung näher zu analysiren haben.

III. Thierische Elektricität.

Zweiundzwanzigstes Capitel.

Der Muskel- und Nervenstrom.

Geschichtliches über thierische Elektricität.

In der Betrachtung der Lebenseigenschaften der Muskeln und Nerven wurden schon mehrmals die elektrischen Ströme an diesen Organen erwähnt, deren Vorhandensein und gesetzmässigen Verlauf sowie ihre Veränderung mit dem Wechsel der Lebensbedingungen der Organe, in denen sie sich finden, von E. du Bois-Reymond der Wissenschaft gelehrt wurde.

Ein näheres Eingehen auf diesen Gegenstand wurde bisher darum ausgesetzt, weil die betreffenden Erscheinungen, so innig sie mit dem physiologischen Verhalten der Organe zusammenhängen, doch ein abgeschlossenes Forschungsgebiet für sich darstellen, welches, seitdem du Bois-Reymond das Grundgesetz für die elektromotorischen Wirkungen erkannt und dargestellt hat, eine physikalisch-mathematische Behandlung erlaubt in einer Ausdehnung, wie sonst kein Abschnitt der Physiologie.

Die hierher gehörenden Untersuchungen sind dabei von ungemeiner Bedeutung. Liegt uns doch die Zeit nicht ferne, in der man die Lebensvorgänge alle als ein Spiel elektrischer Kräfte — elektrischer Spannungen, elektrischer Ströme — auffassen zu müssen meinte. Mit welcher Energie und Zeitaufwand wurden in den verschiedensten Richtungen, mit den verwickeltsten Methoden diese elektrischen Ungleichartigkeiten, die Alles erklären zu können schienen, gesucht! So scheint es mir gerechtfertigt, diesen äusserst wichtigen Thatsachen eine zusammenfassende Darstellung zu geben. Das Verständniss derselben hat für den mit dieser Forschungsrichtung nicht Vertrauten seine eigenthümlichen Schwierigkeiten, welche, wie ich hoffe bei einer Gesammtdarstellung leichter zu überwinden sind, als wenn wir die einzelnen Thatsachen an den Orten zerstreut beibringen würden, an die sie nach einem systematischen Gang der Darstellung gestellt werden müssten.

E. du Bois-Reymond, der Schöpfer der physiologischen Disciplin der thierischen Elektricität ist zugleich der Geschichtschreiber derselben. Er hat die vor ihm gemachten Versuche, gesetzmässige elektrische Wirkungen an Thieren wahrzunehmen, die zu keinem sicheren Resultate, trotz der bedeutenden

Anstrengung der bedeutendsten Männer auf diesem Gebiete, geführt haben, zusammengestellt.

In keinem Gebiete der Naturforschung hielt sich eine wissenschaftliche Mystik so lange als in dem uns vorliegenden. Hochtrabende Hypothesen auf mit halbem Auge gesehene Trugbilder gestützt bildeten bis in unsere Tage ihr wissenschaftliches Material. Die physiologische Elektricität war Nichts als eine Reihe mehr oder weniger schwächlicher Analogien und daran sich knüpfender Vermuthungen. Als Wissenschaft ist sie vollkommen neu erst von den epochemachenden Entdeckungen du Bois-Reymond's datirend. Sein Werk: Untersuchungen über thierische Elektricität erschien 1848.

Vor der Entdeckung des Galvanismus waren es die statisch-elektrischen Erscheinungen, die Spannungselektricität, auf welche die Wünsche und Hoffnungen derer gerichtet waren, die sich mit Begründung der thierischen Elektricität befassten. Man suchte durch Reiben z. B. an thierischen Theilen: Federn, Pelz, getrockneten Nerven Spannungselektricität hervorzurufen und glaubte, wenn diess gelang, damit die elektrische Natur des Nervenprincipes, wie man die im Nerven wirksame Kraft nannte, erwiesen zu haben. Man zog hiebei alle erdenklichen Beobachtungen zu, die gewöhnlich nicht einmal mit der Elektricität im Allgemeinen Etwas zu schaffen hatten: das Leuchten der Katzenaugen im Finstern, der Glühwürmchen, das Blitzen der Augen eines Zornigen etc.

Auch wirklich wissenschaftliche, methodisch angestellte Versuche sind jedoch aus jener Zeit zu erwähnen. Man stellte Individuen auf einen Isolirstuhl und untersuchte, ob an ihnen sich Spannungselektricität und welcher Art nachweisen lasse. Hier steht an der Spitze Saussure der Vater. Er entdeckte keine Regelmässigkeit in den elektromotorischen Erscheinungen und schreibt diese kurzweg der Reibung der trockenen, leicht elektrisirbaren Epidermis an den Kleidern z. B. bei dem Athmen zu.

Hammer und Gardini wollten in einer grossen Anzahl unabhängig von einander gemachten Untersuchungen bei Gesunden als das Normale eine positive Elektricität gefunden haben. In Krankheiten solle diese verschwinden oder sich umkehren (1791—93).

Ahrens machte unter Pfaff's Leitung (1817) mit den besten Hülfsmitteln und der grössten Sorgfalt ähnliche Untersuchungen, in denen er die positive Elektricität des gesunden Menschen bestätigte. Abends, bei reizbaren Menschen, nach dem Genuss geistiger Getränke ist die Menge der Elektricität grösser. Die Frauen sind häufiger negativ elektrisch als die Männer, ohne dass man jedoch hierin eine feste Regel gefunden hätte.

Nasse d. J. hat diese Versuche wiederholt und fand stets auch bei Leichen positive Elektricität, er leitete sie von der mit dem Versuche nothwendig verknüpften Reibung an der Epidermis ab (1834).

In neuerer Zeit sind von Meissner in dieser Richtung Versuche veröffentlicht worden.

Aus allen diesen Beobachtungen geht unstreitig hervor, dass bei Anstellung der betreffenden Versuche ein Quell von vornehmlich positiver Elektricität gegeben sei. Es scheint, dass diese aber in der Reibung an den Kleidern und Apparaten beruhe. Man ist nach meinen Beobachtungen im Stande den Körper

des Menschen auf dem Isolirschemel stehend vollkommen zu entladen und durch Reiben an der trockenen Epidermis namentlich aber durch Bürsten der Haare dem Körper seine positive Elektricität wieder zu ertheilen. Steigt zu einer vollkommen entladenen Person eine noch geladene auf den Isolirschemel, so strömt auf erstere ein Theil der Elektricität der anderen Person über, die vorher entladene zeigt sich wieder geladen. Bei dem Wiederherabsteigen der zweiten Person bleibt die erste in manchen Fällen mit negativer Elektricität geladen zurück. Sowie die Haut feucht wird z. B. bei stärkerer Körperbewegung, bei feuchter Luft fehlt alle Spur von Spannungselektricität.

Die ganze Frage selbst hat darum für die Physiologie wenig Werth, weil die Spannungselektricität, wenn auch solche im Körper, wie sehr wahrscheinlich ist, sich bilden sollte, beständig mit der Erdelektricität sich ausgleichen muss, so lange keine Isolation stattfindet, sodass sich also nie irgend wie beträchtliche Mengen anhäufen können. Uebrigens ist die Spannungselektricität zur Hervorrufung von örtlichen Wirkungen, worauf es in den Organismen allein ankommen würde, nicht geeignet.

Auch Blut und thierische Absonderungen wurden auf freie Elektricität untersucht, die selbstverständlich erst nach dem Herausnehmen aus dem Körper entstanden sein kann, da in diesem die Bedingungen der elektrischen Isolation nicht gegeben sind. Harn und die Fäden der Spinnen sind negativ elektrisch, das Blut positiv.

Die bisher besprochenen elektrischen Erscheinungen haben mit dem Lebensvorgange Nichts gemein. Sie bestehen ja noch fort nach dem Tode des Organismus. E. du Bois-Reymond hat das Gebiet der thierischen oder physiologischen Elektricität auf nur jene Erscheinungen elektrischer Art beschränkt, welche an Thieren oder an Theilen derselben, *solange sie im Besitze ihrer Lebenseigenschaften sind, im unmittelbaren Zusammenhang der Ursache und Wirkung mit den Vorgängen des Lebens*, wahrgenommen werden können. Es gehört demnach zur Definition, dass die fraglichen Erscheinungen mit dem Schwinden des Lebens mitschwinden und gänzlich erlöschen müssen.

So bleiben denn auch jene Erscheinungen elektrischer Ströme in Organismen ausgeschlossen als ein eigenes Grenzgebiet, welche nach dem Tode noch fortbestehen, also nicht in dem postulirten Zusammenhang mit dem Leben als ihrer ursächlichen Bedingung stehen, aber doch gerade wie nach dem Tode schon im lebenden Organismus bestanden haben können. Sie sind als Abgleichungsvorgänge von Processen anzusehen, welche durch das Leben eingeleitet wurden. Hierher gehören die von Alexandre Donné entdeckten elektrochemischen Strömungen im Innern des Körpers zwischen Absonderungsorganen von verschiedener chemischer Reaction. Diese Ströme gehen noch fort an den ausgeschnittenen ja faulenden Eingeweiden von sauerer oder alkalischer Beschaffenheit. Es ist noch fraglich, ob diese Ströme schon *vor* den Bedingungen des Versuches, vor der Verbindung mit dem stromableitenden Bogen vorhanden waren, sodass es sehr wenig zulässig erscheint, sie zur Erklärung für physiologische Vorgänge zu benützen, wie es z. B. der Natur gelingt, sauere und alkalische Flüssigkeiten abzusondern.

Das Wesentlichste in der ganzen Entwickelung der thierischen Elektricität

vor du Bois-Reymond ist die Entdeckung der »Zuckung ohne Metalle« und des sogenannten »Froschstromes«, des elektrischen Stromes, der sich an dem Gesammtfrosche zeigt, solange er im Vollbesitze seiner Lebenseigenschaften ist.

Diese Entdeckungen, welche mit der des Galvanismus überhaupt zusammenfallen, gehören Galvani und der Bologneser Schule an.

Im September des Jahres 1786 war Galvani mit seinem Neffen Camillo Galvani beschäftigt, die Einflüsse der Luftelektricität besonders des Blitzes auf das noch jetzt als Galvani'sches Präparat bezeichnete Froschpräparat zu studiren, welches aus den enthäuteten noch mit dem Rückgrat zusammenhängenden Unterschenkeln des Frosches, besteht. Es wurde an einem kupfernen Haken befestigt an dem eisernen Gitter des Landhauses von Galvani, wo die Versuche angestellt wurden, aufgehangen. Sowie sich die beiden Metalle berührten, trat ein Zucken des Präparates ein. Galvani kam durch dieses Phänomen auf den Gedanken der thierischen Elektricität, obwohl dieses mit einer solchen Nichts gemein hatte, sondern vielmehr die Entdeckung der elektrischen Ströme war, welche ihren Grund in den Ungleichartigkeiten der Metalle haben. Galvani entging dieses Gesetz und zwar um so leichter, da er auch Zuckungen eintreten sah, wenn dem Präparate ein Bogen aus einem wie es schien vollkommen gleichartigen Metall angelegt wurde, sodass das Zuckung-Erregende bei diesen Versuchen nur die im gleichartigen Bogen strömende, abgeleitete thierische Elektricität selbst scheinen konnte.

Volta, der sich anfangs begeistert den Ansichten Galvani's angeschlossen hatte, entdeckte bei ungleichartigen Metallen — in Galvani's Versuch waren es Kupfer und Eisen — den wahren Sachverhalt, dass durch ihre Berührung elektrische Ströme erzeugt werden, die die Reizung des Froschpräparates hervorgebracht hatten; und wies durch seine Entdeckung, dass auch scheinbar gleichartige Metallkörper aus ein und demselben Metalle durch allerlei wie man glauben könnte unverfängliche Kleinigkeiten, wie Rost, Wärmeunterschiede, Politur und Rauhheit, verschiedene Härtegrade, wie sie durch ungleiches Hämmern hervorgebracht werden, so ungleichartig werden können, dass ein genügend starker Strom entsteht, um das Muskelpräparat zu erregen — auch diesen Ausweg Galvani's zurück.

Jetzt erst entdeckte Galvani den wahren Grundversuch der Elektrophysiologie: die Zuckung ohne Metalle und wurde so der wahre Urheber der neuen Disciplin, die er seiner Meinung nach schon Jahre vorher begründet hatte. Er beschreibt diesen Versuch folgendermassen:

»Ich richtete das Thier nach der gewöhnlichen Weise zu, schnitt beide Ischiadnerven dicht an ihrer Austrittsstelle aus dem Wirbelcanal ab und trennte beide Beine von einander, sodass jedes mit seinem Nerven gesondert zurückblieb. Sodann krümmte ich den einen Nerven in Gestalt eines Bogens, hob den anderen mit dem gewohnten Glasstäbchen auf und liess ihn auf den von dem anderen gebildeten Bogen in der Weise fallen, dass er diesen in zwei Puncten traf, deren einer der Querschnitt des ruhenden Nerven war. Ich sah das Bein des fallenden Nerven und manchmal auch beide Beine zucken. Der Versuch glückt, wenn beide Beine vollständig isolirt sind und durchaus keine andere Verbindung mit einander haben, als durch die Berührung der Nerven auf die vorbeschriebene Weise.«

»Welche Ungleichartigkeit wird hier nun zur Erklärung zu Hülfe genommen werden, wo die blossen Nerven mit einander in Berührung kommen?«

Der Bogen, den Galvani in diesem Falle dem Nerven anlegte, war der Nerve des anderen Beines. Er leitete durch ihn wirklich einen elektrischen Strom ab zwischen Querschnitt und einem Stücke Längsoberfläche des Nerven, wodurch die Zuckung erfolgte.

Damit war der Sachverhalt angedeutet, der sich nach den Untersuchungen E. du Bois-Reymond's zur Gesetzmässigkeit des Muskel- und Nervenstromes entwickelte.

Volta blieb auch diesem Experimente gegenüber zweifelnd. Er suchte auch dieses, das er erst als durch den mechanischen Reiz des Auffallens entstanden ausschliessen zu können glaubte, später, als er die Unzulänglichkeit dieser Erklärung einsehen gelernt hatte, aus der Wirkung ähnlicher zufälliger Ungleichartigkeiten der Präparationsmethode entstammend zu erklären, wie sie bei der Anlegung von Metallen als der Grund elektrischer Ströme von ihm erkannt worden war.

Nach Galvani's Tode (1798) kam trotzdem, dass sein Neffe Aldini und Alexander von Humboldt die Untersuchungen aufgenommen hatten, die ganze Frage, besonders dadurch, dass sich neben diesen bedeutenden Namen unberufene Hände eingemischt hatten, mehr und mehr in Misscredit oder Vergessenheit, bis 1827 wo Leopoldo Nobili die elektromagnetische Wirkung des Froschstromes an dem neuentdeckten Multiplicator, dem er durch Anwendung der astatischen Doppelnadel einen bis dahin ungeahnten Grad von Empfindlichkeit für den elektrischen Strom ertheilt hatte, darthat. Schon Volta hatte gezeigt, dass man den Galvani'schen Grundversuch auch noch in anderen als der von dem Entdecker angegebenen Weise demonstriren könnte. Nobili wiederholte diesen Versuch, indem ein Galvani'sches Präparat mit Wirbelsäule und Füssen in je ein Gefäss mit Wasser oder Salzlösung getaucht, zuckte, wenn zwischen den beiden Gefässen mit einem Asbest- oder Baumwollendocht geschlossen wurde. Indem er in die Gefässe mit Salzwasser auf ihre Gleichartigkeit geprüfte Platinenden eintauchte, die mit seinem Multiplicator verbunden waren, erhielt er eine Nadelablenkung, die einen Strom von den Füssen nach dem Kopfe oder von den Muskelmassen der Beine zu dem Rückgrate, den Nerven anzeigte.

Die Versuche von Matteucci, an welche sich die Entdeckungen du Bois-Reymond's anschliessen, brachten vor allem den neuen Beweis, dass die Nerven, auf deren Vorhandensein man Werth gelegt hatte, zu dem Entstehen des elektrischen Stromes des Gesammtfrosches unnöthig sind, sodass die Stromentwickelung auf den Muskel sich beziehen liess, die er mit den elektrischen Apparaten mancher Fische verglich.

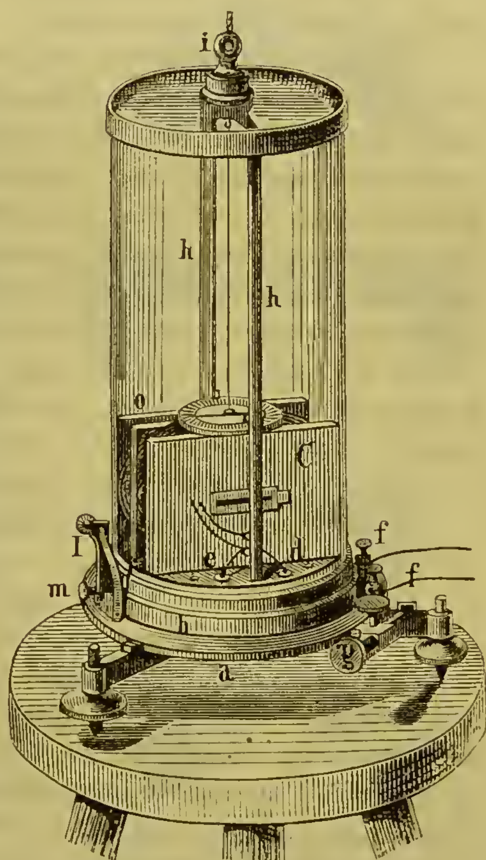
Die thierisch-elektrischen Entdeckungen E. du Bois-Reymond's.

Der Muskelstrom.

Im Januar 1843 erschien du Bois-Reymond's »Vorläufiger Abriss einer Untersuchung über den Froschstrom und die elektromotorischen Fische, dem im Jahre 1848 der erste Band der: »Untersuchung über thierische Elektricität« folgte. Wir verlassen nun den historischen Gang und wenden uns der Besprechung der du Bois-Reymond'schen Entdeckungen und der durch sie veranlassten in mehr systematischer Weise zu.

Das erste Erforderniss zum Nachweise sehr zarter elektromotorischer Eigenschaften sind ausser einem sehr feinen Multiplicator mit möglichst vielen Windungen — bis 32000 — und möglichst astatischem Nadelpaare, gleichartige Elektroden, um vor Strömen aus den Ungleichartigkeiten der Multiplicatorenden entspringend sicher zu sein (Fig. 150.). Du Bois-Reymond's unpolarisirbare Elektroden, Zinktröge mit concentrirter Zinkvitriollösung gefüllt entsprechen dem Bedürfnisse vollkommen. Sie sind nicht nur sehr leicht galvanisch gleichartig zu erhalten, sondern nehmen unter der Einwirkung der mit ihrer Hülfe geprüften Elektromotore auch keine Polarisation an, welche, den primären Strömen entgegengesetzt gerichtete Ströme erzeugend, Versuche von solcher Zartheit, wie die in Frage kommenden, wesentlich zu stören in manchen Fällen sogar zu vereiteln vermögen. Papierbäusche, welche in die Zinkvitriollösung tauchen und sich mit ihr imbibiren —, bedeckt mit feuchten Thonblättchen, die zu dem Zweck mit den Händen aus plastischem, mit 1 % Kochsalzlösung getränktem Thone geformt werden, dienen dazu, die auf ihre elektromotorischen Eigenschaften zu prüfenden Gebilde schliesslich mit dem Multiplicator, dessen Drähte in die Zinktröge metallisch eingefügt sind, zu verbinden. So hat die Wissenschaft in ihnen ein Mittel, auch äusserst geringe Ströme noch für das Auge sichtbar, in ihrer Intensität messbar zu machen.

Fig. 150.



Du Bois-Reymond's Multiplicator.

Der Multiplicator in dieser Weise angewendet hat Manches vor dem Froschschenkel mit dem dazu gehörigen Ischiadnerven voraus. Das Froschpräparat, welches man nun nicht mehr in der Weise Galvani's sondern so herstellt, dass an dem enthäuteten Unterschenkel

der Ischiadnerve in seiner ganzen Länge bis zum Wirbelcanal erhalten wird: derstrom prüfende Froschschenkel, das physiologische Rheoskop ist durch ihn jedoch noch nicht vollkommen aus der Untersuchung der elektrischen Gewebseigenschaften verbannt. Es hat den bemerkenswerthen Vorzug vor dem Multiplicator, dass es plötzliche, plötzlich vorüber gehende Schwankungen in der Intensität galvanischer Ströme noch durch eine eintretende Zuckung zur Erscheinung bringt, auf welche die Multiplicatornadel durch das ihr innewohnende Trägheitsmoment verhindert, nicht zu antworten vermag. Wir werden Gelegenheit finden mit dem Multiplicator gewonnene Resultate mit dem stromprüfenden Froschschenkel einer näheren Analyse zu unterwerfen.

Du Bois-Reymond hat mit Hülfe dieser Methoden mit aller Sicherheit nachgewiesen, dass der Froschstrom nur das Resultat der Einzelströme in jedem Muskel ist; dass solche elektrische Ströme nicht dem Frosche und den kaltblütigen Thieren allein sondern den Muskeln aller Säugethiere und des Menschen ebenso eigenthümlich sind, sodass man den Namen: Froschstrom vollkommen verlassen kann. An seine Stelle tritt der in seiner Gesetzmässigkeit erkannte: Muskelstrom, an den sich der Nervenstrom in ganz analoger Gesetzmässigkeit anschliesst.

Die Methode der Prüfung der elektromotorischen Eigenschaften des Muskels stellt sich nun folgendermassen.

Trennt man aus einem frischen, parallelfasrigen Muskel ein beliebig mit dickes oder dünnes Faserbündel heraus und begrenzt es an dem einen Ende einem senkrecht auf die Faserrichtung geführten Schnitt, einem Querschnitt und legt dann die beiden unpolarisirbaren Elektroden eines empfindlichen Multiplicators von mindestens 5000 Windungen so an das Muskelstück, dass die eine einen Punct der Längsoberfläche, die andere einen Punct des Querschnittes berührt, so erfolgt eine Ablenkung der astatischen Nadeln, welche einen elektrischen Strom anzeigt. Derselbe geht in dem ableitenden Bogen — den Elektroden, Drähten und dem Multiplicator — vom Längsschnitt des Muskels zum Querschnitte, im Muskel selbst also vom Querschnitt zum Längsschnitt: es verhält sich also der Längsschnitt positiv gegen den Querschnitt.

Der Strom ist um so stärker, je dicker und länger das Muskelstück ist, von dem man ihn ableitet.

Denselben Strom erhält man, wenn man statt des künstlichen Längsschnittes den natürlichen, die natürliche Längsoberfläche des Muskels mit der einen Elektrode verbindet. Man braucht also zum Nachweis des gesetzmässig gerichteten Stromes nur an einem unversehrt heraus präparirten Muskel einen Querschnitt anzulegen und Längsoberfläche und Querschnitt mit den Multiplicatorenden zu verbinden. Wie es so am Muskel einen natürlichen Längsschnitt giebt, giebt es auch einen natürlichen Querschnitt: die Sehne, von der aus man ebenso wie von dem künstlichen Querschnitt Ströme in gesetzmässiger Richtung erhält. Die Sehne ist negativ gegen die Längsoberfläche ihres Muskels.

Du Bois-Reymond selbst fasst das Gesetz des Muskelstromes in folgende Sätze zusammen:

Gesetz des Muskelstromes.

I. Wirksame Anordnungen.

A. Starke Ströme.

Wird ein beliebiger Punct des natürlichen oder künstlichen Längsschnittes eines Muskels mit einem gleichfalls beliebigen Puncte des natürlichen oder künstlichen Querschnittes desselben Muskels dergestalt in Verbindung gebracht, dass dadurch keine Spannung gesetzt wird, so zeigt eine in den unwirksamen leitenden Bogen eingeschaltete stromprüfende Vorrichtung gleichwohl einen Strom an, der von dem Puncte des Längsschnittes in dem Bogen zu dem Puncte des Querschnittes gerichtet ist.

B. Schwache Ströme.

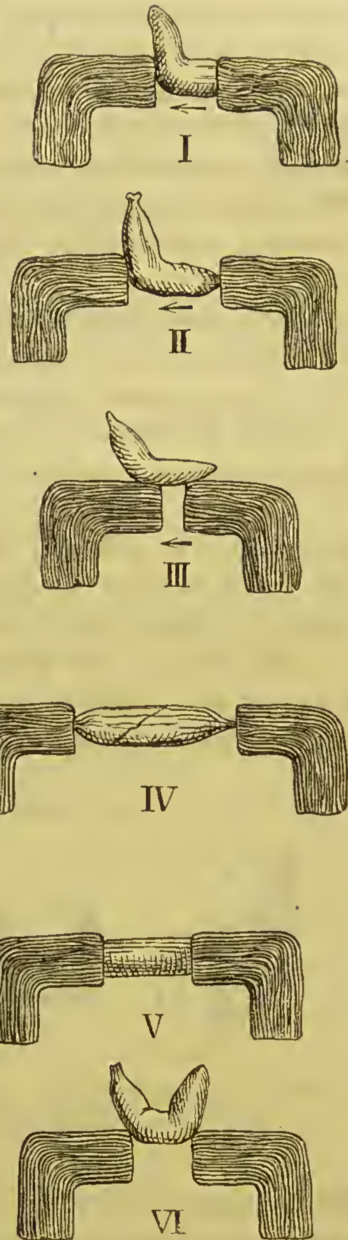
a. Ströme des Querschnitts.

Wird ferner ein Punct eines natürlichen oder künstlichen Querschnittes eines Muskels auf die nämliche Weise in Verbindung gebracht mit einem anderen Puncte desselben Querschnittes, oder einem Puncte eines anderen natürlichen oder künstlichen Querschnittes desselben Muskels, den wir als Cylinder denken wollen, und sind beide Puncte von dem Mittelpuncte der Kreise, die die senkrecht auf die Axe des Cylinders gedachten Querschnitte darstellen, ungleich weit entfernt: so zeigt die stromprüfende Vorrichtung abermals einen Strom an, der aber viel schwächer ist als der vorhergehende, und von dem weiter vom Mittelpuncte entfernten Puncte, in dem Bogen, zu dem ihm näher gelegenen gerichtet ist.

b. Ströme des Längsschnittes.

Wird drittens ein dem geometrisch mittleren Querschnitte des Cylinders, den der Muskel vorstellt, näher gelegener Punct des natürlichen oder künstlichen Längsschnittes auf die nämliche Weise in Verbindung gebracht mit einem entfernter von jenem Querschnitt gelegenen Puncte des natürlichen oder künstlichen Längsschnittes desselben Muskels: so zeigt die stromprüfende Vorrichtung abermals einen Strom

Fig. 151.



Ableitung des Muskelstromes I, II, III wirksame Anordnungen; IV, V, VI unwirksame Anordnungen; I Querschnitt und Längsschnitt; II Sehne und Längsschnitt; III zwei vom Aequator verschieden weit abliegende Puncte des Längsschnittes. IV. Zwei Sehnen (natürliche Querschnitte), V. Zwei künstliche Querschnitte. VI. Zwei symmetrisch zum Aequator gelegene Puncte.

an, der viel schwächer ist als zwischen beliebigen Puncten des natürlichen oder künstlichen Längs- oder Querschnittes, dem zwischen verschiedenen Puncten eines oder zweier natürlichen oder künstlichen Querschnitte aber an Stärke gleichkommt, und von dem dem mittleren Querschnitte näher gelegenen Puncte, in dem Bogen, zu dem davon entfernteren gerichtet ist.

II. Unwirksame Anordnungen.

Die stromprüfende Vorrichtung bleibt hingegen in Ruhe, wenn die beiden durch den unwirksamen leitenden Bogen verbundenen Puncte auf einem oder zweien natürlichen oder künstlichen Querschnitten gleichen Abstand vom Mittelpuncte, oder auf dem natürlichen oder künstlichen Längsschnitte gleichen Abstand vom mittleren Querschnitte haben.

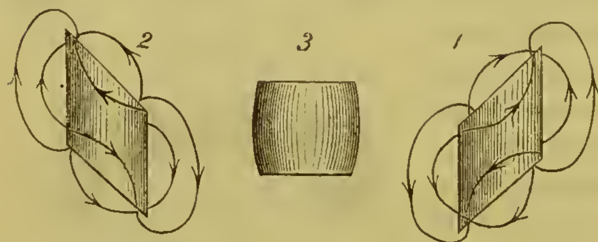
Das eben vorgetragene Gesetz des Muskelstromes ist um so wichtiger, da es zugleich das **Gesetz des Nervenstromes** ist!

In den letzten Jahren (1865 und 1866) hat E. du Bois-Reymond noch eine neue Art der Ströme kennen gelehrt, die Neigungsströme, deren Gesetz er folgendermassen darstellt:

Richtet man einen cylindrischen Muskel durch zwei parallele, schräg gegen die Axe geführte Schnitte so zu, dass die Durchschnittsfigur einer durch die Axe senkrecht zu den Schnitten gelegten Ebene ein Rhombus ist, so entfaltet der Muskel neue elektromotorische Eigenschaften.

Die Puncte der Muskeloberfläche nahe den beiden stumpfen Rhombusecken verhalten sich nämlich stark positiv gegen die Puncte nahe den beiden spitzen Rhombusecken, gleichviel ob die Puncte dem Längsschnitt oder den schrägen Querschnitten angehören. Der Gegensatz zwischen Längs- und Querschnitt besteht dabei fort, aber wegen der Schräge des letzteren in geringerem Maasse. Ebenso bestehen fort am Längs- und Querschnitt die sogenannten schwachen Ströme vom Aequator nach den Grenzen zwischen Längs- und Querschnitt, von diesen Grenzen nach den Polen.

Fig. 152.



1. 2. Darstellung der Neigungsströme. 3. Muskelwürfel, der durch Dehnung zum Rhombus werden kann.

Die Neigungsströme summiren sich algebraisch zu den Strömen vom Längs- zum Querschnitt und zu den schwachen Strömen am Längs- und Querschnitt. Nicht nur die letzteren, sondern, wegen ihrer Schwächung in Folge der Neigung des Querschnittes, auch die ersteren Ströme unterliegen dabei häufig den Neigungsströmen, sodass der Strom zwischen einem Längsschnittspuncte nahe einer spitzen Rhombusecke und einem Querschnittspuncte nahe einer stumpfen Rhombusecke nicht, wie er nach dem Gesetz des Muskelstromes sollte, ausnahmslos von ersterem zum letzteren Puncte, sondern zuweilen umgekehrt fliesst. Ja so gross ist die den Neigungsströmen zu Grunde liegende

elektromotorische Kraft, dass man dieselben sogar über den Strom zwischen Längsschnitt und senkrechten Querschnitt siegen sieht.

Am Gastrocnemius des Frosches (und anderer Muskeln) treten wegen seiner schräg übereinander gelagerten Muskelbündelansätze an der Sehne natürliche Neigungsströme auf. Ebenso entstehen Neigungsströme, wenn man einen Muskelwürfel rhombisch dehnt (Fig. 152.).

Der Muskelstrom gehört zu den wichtigsten Lebenseigenschaften des Muskels. Er ist nur dem lebenden, leistungsfähigen Muskel eigen. Nach dem Tode des Thieres nimmt die Stärke der Ströme seiner Muskeln nach und nach ab und diese erlöschen endlich, wenn sich die Todtenstarre des Muskels vollkommen ausgebildet hat.

Eine merkwürdige Erscheinung zeigt der Strom noch oft vor seinem gänzlichen Erlöschen: eine Umkehr der Stromesrichtung, sodass sich der Längsschnitt des Muskels nun negativ gegen den Querschnitt verhält.

Du Bois-Reymond hat den wesentlichen Zusammenhang des Muskelstromes mit den übrigen Lebenseigenschaften des Muskels noch durch eine Reihe anderweitiger Thatsachen erhärtet:

Alles Uebrige gleich gesetzt ist der Strom um so stärker, je leistungsfähiger der Muskel ist.

Er erlischt bei Säugethieren viel früher als bei Fröschen, bei den Vögeln noch später als bei ersteren. Es erklärt sich dieses aus dem früheren oder späteren Auftreten der Todtenstarre. Daher erlischt er auch nach Strychninvergiftung, nach welcher Brücke achtmal früher als bei anderen Todesarten die Todtenstarre eintreten sah, weil eher als nach anderen den Muskel nicht wesentlich alterirenden Arten der Tödtung.

Durch Verbluten oder Erstickung, durch Vergiftung mit Schwefelwasserstoff getödtete zeigen schwächere Muskelströme als gesunde Thiere.

Anhaltende elektrische Reizung des ausgeschnittenen Muskels, die dessen Leistungsfähigkeit auch im übrigen rasch vernichtet, hat auch denselben Erfolg auf den Muskelstrom. —

Wir haben in vorausgegangenen Betrachtungen den Muskelstrom als einen Beweis dafür erkannt, dass in dem ruhenden Organe schon beständig Kräfteentwickelungen vor sich gehen, die in ihrem letzten Grunde auf Oxydationsvorgängen beruhen. Es ist klar, dass der arbeitende Muskel auch in dieser Beziehung Verschiedenheiten zeigen müsse von dem ruhenden, von dem er sich so wesentlich in seiner Kräftevertheilung unterscheidet.

Es ist du Bois-Reymond geglückt, zu zeigen, dass sich das elektromotorische Verhalten des Muskels während seiner tetanischen Thätigkeit wesentlich verschieden verhält von dem in seinem ruhenden Zustand zu beobachtenden:

Der thätige Muskel zeigt eine Abnahme: die negative Schwankung seines elektrischen Stromes.

Liegt der Muskel mit Quer- und Längsschnitt auf den Bäuschen der unpolarisirbaren Elektroden des Multiplicators, so wird, wie wir gesehen haben, die Magnetnadel durch den Muskelstrom abgelenkt. In dem Augenblicke, in welchem der Muskel vom Nerven aus irgend wie in tetanische Zusammenzie-

hung gebracht wird, schwingt die Nadel zurück, durch den Nullpunct hindurch und zeigt meist einen beträchtlichen Ausschlag in den entgegengesetzten Quadranten der Theilung, auf welcher die Nadel spielt.

Du Bois-Reymond hat alle Einreden gegen diesen Versuch widerlegt. Es steht fest, dass man diese negative Schwankung des Muskelstromes nur als eine wahre Verringerung der am Multiplicator erkennbaren elektromotorischen Kraft des Muskels im Tetanus erklären kann. Er konnte nachweisen, dass während der negativen Schwankung der ursprüngliche Muskelstrom nicht ganz verschwunden ist, dass er sehr geschwächt noch fortexistirt.

Die negative Schwankung am Multiplicator ist nur für die tetanische Contraction des Muskels nachzuweisen. Es war sehr wichtig, zu erfahren, ob ebenso wie der Tetanus auch die einfache Zuckung mit einer negativen Stromschwankung verbunden sei. Es reicht zu dieser Entscheidung die Multiplicatornadel nicht aus, ihrer bedeutenden Trägheit wegen, die sie verhindert, auf momentane Stromschwankungen zu antworten. Hier trat das physiologische Rheoskop, der stromprüfende Froschschenkel hülfreich als Instrument ein.

Legt man an einen Muskel — an Quer- und Längsschnitt einen Nerven eines stromprüfenden Schenkels an, so zuckt letzterer stets in dem Momente, in welchem der erste Muskel zur Zuckung gereizt wird, zum Beweise, dass auch hiebei eine Veränderung in der Intensität seines Stromes wie bei dem Tetanus erfolgt.

Macht man den Versuch so, dass man den Muskel zum Tetanus reizt, während der stromprüfende Schenkel in der oben angegebenen Weise anliegt, so verfällt letzterer auch in Tetanus. Der Tetanus tritt, wie bekannt, nur dann ein, wenn rasch aufeinander folgende Reize, z. B. rasch aufeinander folgende Intensitätsschwankungen eines elektrischen Stromes — ein constanter Strom erregt ja (meist) nicht — auf Muskel oder Nerv einwirken. So ergibt sich also aus diesem Versuche, dass die scheinbare einfache, lineare Abnahme der Stromstärke bei dem Tetanus, wie sie sich am Multiplicator als negative Schwankung zeigt, zusammengesetzt ist aus vielen rasch aufeinander folgenden Stromschwankungen nach auf- und abwärts, die aber so rasch erfolgen, dass der Multiplicator auf jede einzelne nicht zu antworten vermag, und darum nur ihre Resultirende als eine fortschreitende Abnahme aufzeichnet. Es ist klar, dass somit der Tetanus des Muskels aus einzelnen Zuckungen besteht, deren jeder eine negative Schwankung von sehr kurzer Zeitdauer entspricht.

So war es denn erwiesen, was die Wissenschaft so lange vergeblich gesucht hatte, dass die Krafterzeugung im Muskel auf das Innigste an elektrische Vorgänge geknüpft ist. Doch ist es bis jetzt noch nicht möglich gewesen, eine wahrscheinliche elektrische Theorie des Zustandekommens der Contraction aufzustellen.

Wie ganz anders hatte sich die Sache gestaltet als man erwartet hatte! Es schien so nahe zu liegen, dass die elektrischen Ströme, die man im Organismus voraussetzte, in dem Gehirne entständen, von dem man die Willensantriebe durch die Nerven den Muskeln mitgetheilt sah, mit einer Schnelligkeit, wie man sie allein der Elektricitätsfortpflanzung zuschreiben zu können glaubte. Diese Mittheilung schien in der Weise zu erfolgen, wie die Bewe-

gungen in dem Telegraphenapparat. Im Gehirne hatte man sich eine galvanische Batterie gedacht, die ihre Ströme durch die Nerven als einfachen Leitern dem Muskel — dem Schreibapparate — zusendet.

Die alte Theorie, die GALVANI, der Entdecker der thierischen Elektricität, zur Erklärung der Muskelaction aufgestellt hatte, kann, trotz der mannichfachen Abänderungen, die sie nach dem subjectiven Geschmacke Jedes, der sich mit diesen Fragen beschäftigte, erfahren hat, doch noch als Schema der Vorstellungen dienen, die man sich vor E. DU BOIS-REYMOND über diesen Gegenstand zu machen pflegte. GALVANI's Theorie war folgende:

Die Thiere haben eine eigenthümliche, selbständige Elektricität, welche den Namen: thierische Elektricität verdient.

Die Organe, in welchen diese thierische Elektricität vorzüglich wirkt und durch welche sie dem ganzen Körper mitgetheilt wird, sind die Nerven und das wichtigste Absonderungsorgan derselben ist das Gehirn.

Die innere Substanz der Nerven, wahrscheinlich die dünnste Lymphe, ist mit Leitungskraft für die Elektricität begabt und macht daher die freie und schnelle Bewegung der Elektricität durch den Nerven möglich, zugleich aber verhindert der obige Ueberzug der Nerven die Zerstreuung dieser Elektricität und erlaubt ihre Anhäufung.

Die vorzüglichsten Behälter der thierischen Elektricität sind die Muskeln. Sie stellen gleichsam eine Leidner Flasche vor, und zwar ist ihre äussere Oberfläche negativ, in ihrem Inneren hingegen ist die Elektricität angehäuft, das also positiv ist. Der Nerve ist der Conductor dieser Flasche, der die Muskeln mit Elektricität versieht.

Der Mechanismus der Bewegung besteht kurz darin, dass die elektrische Flüssigkeit aus dem Innern der Muskeln in die Nerven derselben gezogen und geleitet wird, und dass sie nun aus diesen auf die äussere Oberfläche der Muskeln überströmt. Folglich coëxistirt mit jeder Zusammenziehung gleichsam eine Entladung der musculösen Leidner Flasche, und diese ist die Ursache von jener, die Zusammenziehung die Folge eines Reizes, welchen die auf die äussere Oberfläche der Muskeln überströmende Electricität auf die reizbaren Muskelfasern ausübt.

Der Nervenstrom und die Leitung der Erregung im Nerven.

Dadurch, dass die Muskeln eigentliche Elektromotoren seien, war dieser und ähnlichen Theorien die Spitze abgebrochen. Noch aber konnte man versuchen, sich doch auf die Nerven als Leiter einer Gehirnelektricität zu berufen.

DU BOIS-REYMOND entdeckte, dass die Nerven keine einfachen elektrischen Leitungsorgane, sondern selbst Elektromotore seien, und dass ihre Elektricitätsentwickelung: der Nervenstrom genau die gleiche Gesetzmässigkeit zeigt wie der Muskelstrom.

Im leistungsfähigen Nerven kreisen bis zu seinem Absterben die elektrischen Ströme, und zwar ist, wie schon aus dem Obengesagten hervorgeht,

der Querschnitt hier wie am Muskel negativ gegen den Längsschnitt. An ebenso feinen Stückchen wie vom Muskel lassen sich unter den gleichen ableitenden Bedingungen am Nerven die gleichen Ströme erhalten. Auch die schwachen und unwirksamen Anordnungen sind die gleichen wie am Muskel. Je leistungsfähiger der Nerve ist, desto grösser ist die Intensität seiner elektromotorischen Kraft. Die Ströme sind nachgewiesen am Multiplicator von 30000 Windungen *).

So war also der Vergleich mit einem leitenden Drahte und dem Nerven schon dadurch zurückgewiesen, dass man ein eigenthümliches elektromotorisches Verhalten an letzterem gefunden hatte, das nicht zu dem Wesen des ersteren gehört.

Auch das geträumte bessere elektrische Leitungsvermögen der Nerven gegenüber den anderen thierischen Geweben stellte sich als eine Täuschung heraus. Die feuchten Gewebe, mit Ausnahme der Knochen, leiten alle etwa gleichgut oder vielmehr schlecht: etwa 3 Millionen Mal schlechter als Quecksilber (J. Ranke). Die Isolation des Nerveninnern durch die ölige Markscheide, die man vermuthet hatte, liess sich nicht erweisen. So eignen sich demnach die Nerven nicht zu einfachen Leitern elektrischer Ströme im Organismus. Diese haben keinen Grund, gerade die Nerven als Bahnen zu wählen, sie verbreiten sich nach allen Richtungen ziemlich gleichmässig wegen des fast absolut gleichen Leitungswiderstandes, von dem nur die Oberhaut des menschlichen Körpers eine Ausnahme macht, indem sie für elektrische Ströme der mangelnden Feuchtigkeit wegen beinahe vollkommen undurchgängig ist. Sie ist der Grund, warum es nicht gelingt, dem Froschstrom analoge Gesammtwirkungen der Muskeln vom menschlichen Körper zu erhalten. Taucht man die Finger in die Zinktröge, der unpolarisirbaren Elektroden, so erhält man zwar elektrische Wirkungen, jedoch keine gesetzmässigen. Es ergiebt sich, dass diese ihre Entstehung zufälligen, chemischen Hautungleichartigkeiten verdanken. Doch ist es du Bois-Reymond gelungen, auch am lebenden Menschen die negative Schwankung des Muskelstromes sichtbar zu machen, als Nadelausschlag unter den eben geschilderten Versuchs-

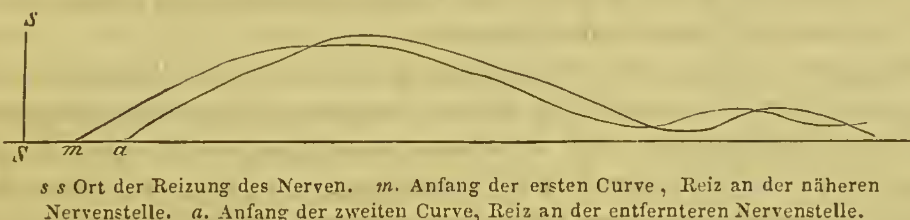
*) Auch am Nerven unterscheiden wir also auch in elektromotorischer Beziehung: Längsschnitt und Querschnitt: es existirt, wie es scheint, wie am Muskel ein künstlicher und natürlicher Querschnitt. Ein natürlicher (elektromotorischer) Querschnitt des Nerven wurde bisher nur am Ischiadicus an seiner Eintrittsstelle in den Gastrocnemius beobachtet (J. Ranke). Wahrscheinlich verhalten sich aber die Eintrittsstellen der motorischen Nerven in die übrigen Muskeln und ihr Uebergang in das Rückenmark ebenfalls in elektrischer Beziehung als natürliche Nervenquerschnitte.

Haben wir (wie bei Pflüger's Elektrotonusversuchen — cf. folgendes Capitel —) einen Nerven noch mit seinem Muskel im Zusammenhang, den N. Ischiadicus mit dem Gastrocnemius, so ist der Nerve von seinen beiden Querschnitten aus: dem künstlichen, wo er vom Rückenmarke getrennt wurde, und vom natürlichen, wo er in den Muskel eintritt, von verschieden gerichteten elektrischen Strömungen zum mittleren Längsschnitt des Nerven, zum Aequator durchflossen. Vom künstlichen Querschnitt läuft im Nerven s. v. v. ein elektrischer Gesammtstrom zum Aequator dem Muskel zu absteigend, vom natürlichen ein anderer Gesammtstrom dem Aequator zu vom Muskel weg aufsteigend. Der Aequator liegt nicht in der Mitte des Nervenstückes sondern dem künstlichen Querschnitt ziemlich nahe.

bedingungen, wenn der eine Arm willkürlich stark tetanisirt wird, während der andere in vollkommener Ruhe bleibt.

Helmholtz, dem es gelungen war, die Muskelzuckung trotz ihres raschen Verlaufes in mehrere Phasen zu zerlegen (S. 523.), glückte es, mit Hülfe desselben Instrumentes, das zu jenen Versuchen gedient hatte, mit dem Myographion die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erregung im Nerven direct zu messen, die vermöge ihrer blitzähnlichen Raschheit vor allem den Gedanken an vom Gehirn durch die Nerven geleitete elektrische Ströme hervorgerufen und erhalten hatte. Indem er an zwei Stellen nacheinander den Nerven eines in dem Myographion zeichnenden Muskels (cfr. a. a. O.) reizte, bemerkte er, dass die beiden auf den berussten Glascylinder gezeichneten Curven, den beiden Reizungen entsprechend, sich nicht deckten, sondern dass die von einem vom Muskel entfernteren Nervenstück aus erregte Zuckung um ein Messbares sich verspätet hatte gegen die von der dem Muskel näheren Nervenstelle aus (Fig. 153). Die graphische

Fig. 153.



s s Ort der Reizung des Nerven. *m.* Anfang der ersten Curve, Reiz an der näheren Nervenstelle. *a.* Anfang der zweiten Curve, Reiz an der entfernteren Nervenstelle.

Methode erlaubte bekanntlich den linearen Abstand des Anfanges beider Curven direct als Zeit zu messen, der Abstand der gereizten Nervenstellen konnte ebenfalls leicht gemessen werden. Somit waren, wie man erkennt, die erforderlichen Daten für die Berechnung der Leitungsgeschwindigkeit gegeben.

Die am Froschnerven beobachteten directen Werthe sind 26—27 Meter in der Secunde. Die Elektricität pflanzt sich in einer Secunde nach Wheatstone's Messungen um 288000 englische Meilen fort. So ergab auch dieses Experiment deutlich, dass die Erregung im Nerven nicht als eine einfache elektrische Leitung in ihm gedacht werden dürfe. Es ist die Leitung der Erregung im Gegentheile eine verhältnissmässig langsam fortschreitende Molecularbewegung.

Um die vergleichsweise Langsamkeit der Bewegung der Nervenerregung anschaulich zu machen, entnehme ich du Bois-Reymond folgende schöne Tabelle:

Geschwindigeit der Bewegung:	Meter in einer Secunde
der Elektricität (Wheatstone's)	464000000
des Lichtes.	300000000
des Schalles in Eisen	3485
,, ,, ,, Wasser	1435
,, ,, ,, Luft	332
einer Sternschnuppe	64380
der Erde bei ihrer Bewegung um die Sonne	30800
der Erdoberfläche am Aequator	465
einer Kanonenkugel (S. Haughton)	552

Geschwindigkeit der Bewegung:	Meter in einer Secunde
des Windes	1—20
des Adler-Fluges (SIMMLER)	35
der Locomotive	27
der Jagdhunde und Rennpferde	25
der Nervenerregung	26—30
der Hand einen Stein 24m 5 hoch werfend	21,9
der Muskelzusammenziehung	0,8—1,2
der Welle des Arterienrohres (Puls)	9,25
des Blutes in der Carotis eines Hundes	0,2—0,3
,, ,, ,, den Capillargefässen	0,0006—0,0009
der Theilchen, welche durch Flimmerhaare bewegt werden	0,00007

Für die Fortpflanzung der Erregung im menschlichen (sensiblen) Nerven hatte HELMHOLTZ die Geschwindigkeit ziemlich viel grösser angegeben, zu 60 Meter in der Secunde. SCHELSKE, HIRSCH, DE JAAGER fanden sie um die Hälfte kleiner, zu etwa 30 Meter, KOHLRAUSCH dagegen ziemlich viel grösser als HELMHOLTZ, zu etwa 90 Meter in der Secunde.

PFLÜGER hat gezeigt, dass die Erregung von einer vom Muskel entfernteren Nervenstelle einen höheren Erfolg hat als von einer ihm näher gelegenen. Er nennt diese Erscheinung: ein lawinenartiges Anschwellen des Reizes und sucht es durch fortschreitende Kräfteauslösungen in den einzelnen Nervenmoleculen, wodurch in jedem folgenden eine grössere Kräftesumme frei wird. anschaulich zu machen.

Natürlich ist für die Leitung der Erregung im Nerven eine unerlässliche Bedingung, dass zwischen dem erregten Puncte und dem Endorgane, in dem der Erfolg der Erregung auftreten soll, der Nerve überall vollkommen intact ist. Jede Verletzung in seinem Verlaufe z. B. durch Zerschneiden, auch wenn die Schnittenden wieder mit einander in directe Berührung gebracht sind, oder durch Quetschen, Unterbinden, Brennen, chemisches Zerstören, Anätzen unterbricht die Leitung der Erregung vollkommen, obwohl alle diese Eingriffe die Leitung des elektrischen Stromes nicht beeinträchtigen. Alle das Leistungsvermögen des Nerven herabsetzende Bedingungen beeinträchtigen zugleich das Leitungsvermögen, so das Durchleiten elektrischer Ströme durch den Nerven in auf- oder absteigender Richtung (v. BEZOLD), ebenso Kälte und sicher manche andere Einflüsse.

Trotzdem, dass die Erregungsleitung im Nerven dem Angegebenen nach ziemlich langsam vor sich geht, ist sie doch noch ziemlich viel schneller als der analoge Vorgang der Erregungsleitung im Muskel. Scheinbar breitet sich, wenn nur eine beschränkte Stelle eines Muskels in den thätigen Zustand versetzt wird, die Contraction sofort auf die ganze Länge der getroffenen Fasern aus. Doch verläuft dieser Vorgang in Wahrheit mit einer so geringen Geschwindigkeit, dass man die Contraction in Form einer Welle über den Muskel unter dem Mikroskope hinlaufen sieht (KÜHNE). Directe Messungen ergaben diese Geschwindigkeit zu 800—1200 Mm. in der Secunde für Froschmuskeln (AEBY. v. BEZOLD). Kälte verzögert auch sie.

Der Erregungsvorgang im Nerven ist also keine einfache Leitung. Vollkommen dunkel war dieser Vorgang, der Zustand der Nerventhätig-

keit, welchen keine Bewegung gröberer oder feinerer Art äusserlich sichtbar macht, bis E. du Bois-Reymond die grossartige Entdeckung machte, dass in dem scheinbar vollkommen ruhigen Organe, während er den Muskel oder Drüse zur Thätigkeit anreizt oder während er Empfindung vermittelt, eine deutliche Veränderung bezüglich einer seiner Hauptlebenseigenschaften, seines elektrischen Stromes sich bemerklich macht. Ist schon der Nervenstrom an sich ein äusserst zartes, nur mit den besten Hülfsmitteln nachweisbares Phänomen, so ist die Demonstration der negativen Schwankung des Nervenstromes der zarteste thierisch-elektrische Versuch. Das Phänomen ist der negativen Schwankung des Muskelstromes während seiner Thätigkeit vollkommen analog. Während der Nerve Spannkräfte des Muskels auslöst, nehmen seine äusserlich wahrnehmbaren elektromotorischen Eigenschaften ab. Die negative Schwankung des Nervenstromes ist vollkommen rein nur bei Reizung des Nerven auf nicht elektrischem Wege zu erhalten, weil sich im letzteren Falle stets secundäre Einflüsse der elektrischen Ströme auf den gereizten Nerven geltend machen, doch gelingt die Demonstration derselben trotzdem wenigstens bei lebensfrischen Nerven mit Hülfe tetanisirender elektrischer Reizung, am besten mit dem Inductionsapparate — dem du Bois-Reymond'schen Schlitten-Magnetelektromotor. — Die Fähigkeit, die negative Stromschwankung zu zeigen, ist eine der wichtigsten Lebenseigenschaften des Nerven. Der Nervenstrom selbst ist an das Leben des Nerven gebunden. Sowie der Nerve in seinen übrigen Lebenseigenschaften — die Fähigkeit Zuckungen des Muskels oder Empfindungen zu erregen — herabgesetzt ist, so nimmt ganz im Verhältnisse der Nervenstrom ab, um mit dem vollkommen eingetretenen Tode des Nerven vollständig zu verschwinden. Noch eher als der Nervenstrom selbst verschwindet seine negative Schwankung. Nachdem er sie einige Male auf tetanisirende Reizung gezeigt hat, nimmt sie immer mehr und mehr ab, endlich verschwindet sie ganz.

Auch bei dem Nervenstrome bemerken wir die schon für den Muskelstrom besprochene Erscheinung, dass er manchmal kurz vor dem Erlöschen seine gesetzmässige Richtung vom Längsschnitt zum Querschnitt im Multiplicatorkreis umkehrt, sodass sich nur der Längsschnitt negativ gegen den Querschnitt zeigt. Es kann diese Stromesumkehr eintreten zu einer Zeit, in welcher die negative Schwankung spurweise noch vorhanden ist. Diese hat denn auch ihr Vorzeichen geändert, da der ganze Strom jetzt negativ ist, ist sie natürlich positiv im Sinne des ehemaligen normalen Stromes.

Am Rückenmarke, das ja seiner Hauptmasse nach ein Convolut längslaufender Nervenfasern ist, wie der Nerve selbst, ist ebenfalls ein elektrischer Strom und zwar mit sehr starken Wirkungen auf den Multiplicator nachzuweisen. Er zeigt dieselbe gesetzmässige Richtung wie der Muskel- und Nervenstrom. Im lebenden Thiere ist das Rückenmark von einem starken aufsteigenden Strome durchflossen, dessen wir als »Froschstrom« schon gedacht haben, der seine Entstehung der Gesammtwirkung der Muskeln vor allem der unteren Extremitäten verdankt. Derselbe aufsteigende Strom durchfliesst auch die Nerven der unteren Extremitäten.

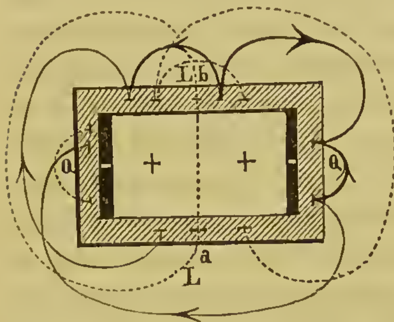
Wir haben uns bei unseren bisherigen Betrachtungen der elektromotorischen Eigenschaften der Muskeln und Nerven allein auf die Thatsachen selbst

beschränkt. Es ist Zeit nach den Gründen der Entstehung dieser elektrischen Ströme zu fragen, die wir in so innigem Zusammenhange mit dem Leben selbst gefunden haben. Es ist klar, dass sich auch diese Eigenschaft des Organismus aus den physikalischen Gesetzen der anorganischen Natur erklären muss, wie alle, die wir bisher kennen gelernt haben.

Du Bois-Reymond's Theorie der thierischen Elektricitätsentwickelung.

E. du Bois-Reymond, dem wir diese glänzende Entdeckung verdanken, stellte selbst eine physikalische Theorie für die Stromentwickelung im Nerven und Muskel auf. Die Hauptströme lassen sich wie vom Muskel und Nerven erhalten von einem an beiden Enden überkupferten Zinkcylinder; auch an einem solchen gehen sie vom Querschnitt zum Längsschnitte. Die Nebenströme kommen erst dann auch zur Erscheinung, wenn das Schema in eine leitende Flüssigkeit eingelegt wird (Fig. 154), und an dieses, nicht direct an die Metalle selbst, die Elektroden angelegt werden. Die sich beständig in der leitenden Flüssigkeit abgleichenden elektrischen Spannungen sind dann am stärksten am Aequator und der Axe des Schemas; gegen Aequator und Axe unsymmetrisch gelegene Puncte haben verschiedene Grade der Spannung, sie zeigen also gegen einander, wenn auch weit schwächere Ströme als die Hauptströme.

Fig. 154.



L Längsschnitt. *Q* Querschnitt. *a b* Aequator. Die Pfeile geben die Stromrichtung an, die Dicke ihrer Linien die Stärke der elektrischen Ströme zwischen den verbundenen Puncten. Die getüpfelten Bogen: unwirksame Anordnungen.

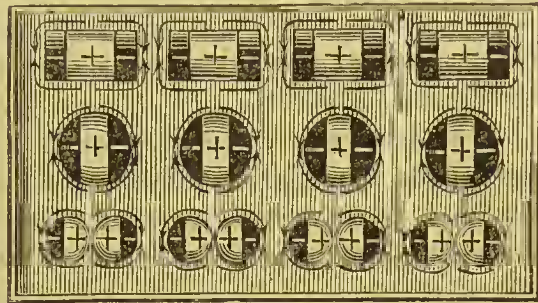
Der Strom, welchen der Multiplicator anzeigt, ist selbstverständlich, da der Multiplicator direct nur an die leitende Flüssigkeit angelegt ist, ein Zweigstrom, dessen Intensität nicht direct von der Stärke des elektrischen Vorganges selbst, sondern nur von dem geringeren oder grösseren Leitungswiderstand im ableitenden Bogen, zu dem der Multiplicator gehört, abhängig ist.

Im Muskel und Nerven müssen wir darnach auch den eigentlich elektromotorisch wirksamen Theil uns eingelagert denken in eine leitende Flüssigkeit. Die Ströme, die wir an ihnen wahrnehmen, sind nur Zweigströme, die an sich direct keinen Schluss auf die in den untersuchten Organen selbst statthabenden Strömungsvorgänge gestatten. Letztere können trotz der Schwäche der nach aussen sichtbar werdenden elektromotorischen Eigenschaften doch sehr stark sein.

In der eben gegebenen Form reicht das Schema nur für das elektromotorische Verhalten des Gesammtnerven und Gesammtmuskels. Da es möglich ist, beide in die feinsten noch von Querschnitt und Längsschnitt begrenzten Fäserchen zu zerspalten und der Strom immer noch in derselben Richtung wahrnehmbar bleibt, so musste die Theorie noch weiter gehen. Die elektromotorischen Kräfte mussten auf kleinste, untheilbare Organtheilchen, auf Molecüle, bezogen werden, welche regelmässig reihenweise gelagert, in

die leitende Flüssigkeit eingebettet sind. Sie sind analog dem Gesammtschema kleine an den Enden überkupferte Zinkcylinderchen, oder kleine Kugeln mit einer Zinkmittel- und zwei Kupferrandzonen: du Bois-Reymond's peripolare Molecüle. Man kann sich diese auch noch weiter getheilt denken, jede in je zwei halb aus Zink, halb aus Kupfer bestehend: dipolare Molecüle, die unter normalen Umständen so zu einander stehen, dass das erste seine Kupferseite nach aussen kehrt, die Zinkseite des zweiten ist gegen die Zinkseite des ersten gerichtet, die Kupferseite des dritten gegen dieselbe des zweiten', sodass je zwei solcher Molecüle zusammen eines der zuerst geschilderten mit zwei kupfernen Polar-und einer Zinkmittelzone darstellen (Fig. 155).

Fig. 155.



Elektrische Molecüle des Muskels und Nerven. In der ersten und zweiten Reihe peripolare, in der dritten dipolare Molecüle.

Es ist leicht einzusehen, wie man mit Hülfe dieser Theorie die bisher uns bekannt gewordenen elektrischen Phänomene erklären kann. Um die Stromumkehr während des Absterbens anschaulich zu machen, hat man sich eine vollkommene Drehung der elektrischen Molecüle zu denken um 180^0, sodass die elektrischen Gegensätze nun vollkommen umgekehrt sind. Die dipolaren Molecüle bleiben dabei jedoch immer noch in ihrer relativen Lage zu einander, ihre peripolare Anordnung bleibt auch nach der Drehung bestehen. Bei der negativen Schwankung, bei welcher der normale Strom immer noch, wenn auch sehr geschwächt, fortbesteht, ist die Axendrehung der Molecüle keine vollkommene, sie nehmen eine mittlere Stellung zwischen der vollkommenen Drehung und ihrer normalen Ruhelage ein. Im Uebrigen gilt das Gleiche wie bei der Stromumkehr. Auch die Neigungsströme lassen sich nach diesem Schema ableiten und erklären. An den schief abgestutzten Muskelflächen bilden die Molecüle staffelförmige Reihen, woraus sich z. B. (aus der gleichzeitigen Anwesenheit einer Querschnitts- und einer Längschnittspartie an jeder solchen Staffel) die ausnahmslos beobachtete Schwächung der elektromotorischen Eigenschaften des schiefen Querschnitts gegen den geraden ergicbt.

Die Ströme zwischen natürlichem Längsschnitt und natürlichem Querschnitt des Muskels — seiner Sehne — zeigen sich oft, namentlich im Winter, wenn die Frösche, die zu den Versuchen dienen, der Kälte ausgesetzt waren, sehr schwach im Vergleiche mit denen, die sich vom künstlichen Quer- und natürlichen Längsschnitt ableiten lassen: die Muskeln zeigen ein parelektronomisches Verhalten. Diese Parelektronomie kann so hoch entwickelt sein, dass man keinen oder sogar einen umgekehrt gerichteten Strom unter diesen Umständen erhält. Die Ströme erhalten jedoch sofort ihre normale Richtung und Stärke, sowie man die Sehne mit ätzend wirkenden Substanzen: stärkeren Säuren, Alkalien, Salzlösungen, Kreosot bestreicht, oder sie mit heissen Körpern versengt. Du Bois-Reymond erklärt diese von ihm ent-

deckte Erscheinung daraus, dass sich an der Sehne angrenzend eine Schicht von Muskelsubstanz befindet, welche, der oben beschriebenen Stromumkehr entsprechend, entgegengesetzt elektromotorisch wirkt, wie der normale Muskelstrom, sodass dessen Wirkungen zum Theil oder ganz compensirt oder sogar übercompensirt werden. Um sich diese »parelektronomische Schicht« anschaulich zu machen, genügt es am Schema des Muskels von jedem letzten System der peripolar angeordneten dipolaren Molecüle das äusserste Molecül wegzulassen, sodass das jetzt letzte seine positive Seite dem Querschnitt zukehrt.

Es ist nach dem Gesagten einleuchtend, dass die vorgetragene Theorie der elektromotorischen Wirkungen ausreicht zur Erklärung des am Muskel und Nerven in dieser Beziehung Beobachteten. Es drängt sich uns dabei mit Nothwendigkeit der Gedanke auf, dass die Moleculartheorie sicher mehr als eine blosse Hypothese ist. Die elektrischen Molecüle du Bois-Reymond's mit zusammengesetztem Bau und gesetzmässiger Stellung müssen in den elektrisch wirkenden Organen wirklich vorhanden sein. Es müssen sich entsprechende, zu Strömen Veranlassung gebende elektrische Ungleichartigkeiten an den kleinsten Organtheilen auffinden lassen, auf deren Anwesenheit und Veränderung die Verschiedenheiten der Stromentwickelung im ruhenden, arbeitenden und abgestorbenen Organe, in dem der Strom Null geworden ist, beruhen.

Chemische Theorien der thierischen Elektricität.

Wir müssen dazu die weitere Frage aufwerfen: was für Ungleichartigkeiten mögen es sein, die im Muskel und Nerven die Ströme hervorrufen? Auf den ersten Blick sehen wir, dass als wahrscheinlichster Grund sich hier chemische Differenzen zur Erklärung darbieten, die wir ja im Organismus so vielfältig vorhanden sehen.

Du Bois-Reymond selbst hat auf diese Möglichkeit hingedeutet.

In seinem oft genannten Werke über thierische Elektricität findet sich z. B. folgende Stelle, wo an eine chemische Erklärung gedacht wird:

»Es sind im lebenden Organismus gewiss auch dieselben Bedingungen, die die Elektricität hervorgerufen, wie in der anorganischen Natur. Es ist nicht — gesagt, dass sie nicht auch, wie die von Donné entdeckten Ströme vielleicht auf demselben Vorgange wie die Bequerel'sche Säure-Alkali-Kette beruhen.«

Justus v. Liebig versuchte es, chemische Differenzen aufzufinden, genügend, um eine immerfliessende Elektricitätsquelle abzugeben, für die Erklärung dieser äusserst wichtigen Vorgänge.

In der berühmten »chemischen Untersuchung über das Fleisch (1847)« heisst es: »die Blut- und Lymphgefässe enthalten eine alkalische Flüssigkeit, die sie umgebende Fleischflüssigkeit ist sauer, die Substanz dieser Gefässe selbst ist für die eine oder andere dieser Flüssigkeiten durchdringlich. Es sind dies zwei Bedingungen zur Hervorbringung eines elektrischen Stromes, und es ist wohl nicht unwahrscheinlich, dass ein solcher an den vitalen Processen

einen gewissen Antheil nimmt, obwohl seine Wirkung in eigentlich elektrischen Effecten nicht immer wahrnehmbar ist.«

Buff construirte auf Liebig's Veranlassung Säulen aus Blut und Muskel, Blut und Gehirn, welche einen starken Strom in der Richtung des Blutes zum Muskel und Gehirn (wohl im ableitenden Bogen, was nicht angegeben ist) erkennen liessen. Wasser an Stelle der Gewebe erzeugte einen nur sehr schwachen Strom. Damit schien Alles erklärt zu sein.

Die saure Reaction des Muskelsaftes rührt, wie wir durch Liebig wissen, von Milchsäure und Phosphorsäure (als saures phosphorsaures Kali) her.

Bei ausgeschnittenen Muskeln könnte diese Elektricitätsquelle noch fortbestehen, sodass auch sie elektrische Ströme zeigen können. Es muss eine elektrische Spannung bestehen zwischen dem sauren Muskelsafte, der am Querschnitt zu Tage steht und der alkalischen Lymphe, die dem Muskel noch anhaftet, wie man leicht mit einem Reagenspapier zeigen kann. Der erzeugte Strom muss dabei die Richtung der Hauptströme zeigen, von der Lymphe zum Muskel im Multiplicatorkreise und umgekehrt, im Muskel selbst: vom Querschnitt zum Längsschnitt.

Für den Morphologen hatte die Liebig'sche Hypothese oder Erklärung etwas sehr Einschmeichelndes. Die Anordnung der Blutgefässe im Muskel und Nerven zeigt eine bewunderungswürdige Regelmässigkeit; sodass auch dann, wenn wir die genannten Organe in Stückchen trennen, ihnen die sie mit Blut versehenden Capillaren noch anhängen bleiben, welche in regelmässigen achteckigen Maschen quer und längsgerichtet die einzelnen Fasern umspinnen, sodass jedes nach der Angabe Liebig's in seinem Inneren sauer reagirende Muskel- oder Nervenbündelchen mit alkalisch reagirender Flüssigkeit umspült ist, sodass auch bei dem kleinsten Stückchen die gleichen elektromotorisch wirksamen Ungleichartigkeiten wie am Gesammtmuskel fortbestünden und Ursache zu galvanischen Strömungen geben könnten.

In dieser Form ist die Hypothese jedoch trotzdem nicht stichhaltig. Du Bois-Reymond war im Stande nachzuweisen, dass der Muskelsaft des lebenden, geruhten Muskels, der den stärksten elektrischen Strom zeigt, nicht sauer, sondern alkalisch oder neutral ist; erst bei dem Absterben des Muskels verändert sich die Reaction in eine saure, ebenso nach heftigen Muskelcontractionen.

Schon damit war der Gedanke an die Säure-Alkali-Kette zwischen Lymphe und Blut einer- und Muskel andererseits zurückgewiesen. Es gelingen aber noch directere Beweise. Man kann alles Blut und die Lymphe aus einem Muskel durch Einspritzen von Zuckerlösung in seine Blutgefässe und äusserliches Abspülen entfernen, und der Strom wird dadurch nicht geschwächt, im Gegentheil, die indifferente Flüssigkeit verstärkt den elektrischen Strom des Muskels. Es war das Letztere nach der Theorie der elektrischen Moleküle in der leitenden Flüssigkeit eingebettet, vorauszusehen (E. du Bois-Reymond). Die eingespritzte Zuckerlösung hat ein besseres Leitungsvermögen als der Muskelsaft und das Blut etc., der Widerstand in ihr ist geringer und damit der im angelegten leitenden Bogen, als dessen Stück dieselbe anzusehen ist, es musste der abgeleitete Zweigstrom ein grösserer Theil des Gesammtstromes sein als im anderen Falle.

Einspritzungen einer 0,7 pCt. Kochsalzlösung, einer mehrprocentigen Harnstofflösung sah ich den Muskelstrom ebenfalls verstärken. Macht man die Oberfläche des Muskels schwach sauer durch Einlegen in verdünnte Milchsäure, so verschwindet der Muskelstrom in gesetzmässiger Richtung nicht, er wird in seiner Intensität nicht einmal merklich beeinträchtigt, zum Beweise, dass es tieferliegende elektrische Ungleichartigkeiten stärkerer Art sein müssen, die bei dem Muskelstrom zur Geltung kommen.

Wenn also die Bedingungen der Säure-Alkali-Kette im Muskel wirklich gegeben sind, wenn der Muskelsaft sauer wird durch Absterben oder tetanische Contractionen, ist der Strom nicht etwa verstärkt, wie die chemische Hypothese ergeben müsste, sondern vermindert, ja er verschwindet endlich mit dem Absterben und der zunehmenden Säuerung ganz und gar. Der Strom lässt aber eine directe Beziehung zu den Lebenseigenschaften des Muskels erkennen, sind diese geschwächt durch Absterben oder Ermüdung, so zeigt auch er sich vermindert.

Man könnte auf den Gedanken kommen, dass diese Verminderung vielleicht wie jene Vermehrung durch Zuckereinspritzung nur eine scheinbare sei; dass, während sie eintritt, der Widerstand im ableitenden Bogen auf irgend eine Weise vermehrt worden wäre.

Du Bois entging diese Möglichkeit nicht in Beziehung auf die Abnahme des Muskel- und Nervenstroms, wenn diese Organe aus dem ruhenden in den thätigen Zustand übergehen, die sogenannte »negative Stromschwankung«, welche er aus einer Stellungsänderung seiner elektrischen Molecüle erklärte. Directe, von ihm selbst angestellte Experimente ergaben das Gegentheil: während der negativen Schwankung des Muskelstromes ist der Leitungswiderstand der Muskelsubstanz sogar etwas geringer als in der Ruhe, sodass also die Verminderung der elektromotorischen Wirkungen auf eine Zeit fällt, in welcher die Widerstände im ableitenden Bogen nicht zu- sondern abgenommen haben. Am Nerven bleiben sich, wie es scheint, die Widerstände gleich.

Ich konnte weiter nachweisen, dass der abgestorbene Muskel, der keine elektromotorischen Wirkungen mehr zeigt, etwa um das Doppelte besser leitet als der lebende.

Es gelang mir den inneren Grund dieses Vorganges auf chemische Veränderungen im Muskelsafte zurückzuführen. Es ist die Bildung von Milchsäure und anderen verhältnissmässig gut leitenden Zersetzungsproducten im Muskel, zum Theil wohl aus den schlecht oder vielmehr an sich gar nicht leitenden Eiweissstoffen, der Grund für die Zunahme des Leitungsvermögens des Muskels während der Contraction sowohl als während des Absterbens. Diese Beobachtung ist insofern nicht ganz unwichtig, weil sie zum ersten Male mit aller Entschiedenheit eine elektrische Gewebseigenschaft auf chemische Ursachen zurückführt.

Aber es ist nicht nur der Leitungswiderstand der Gewebe, welcher unter dem Einflusse ihres Chemismus steht, auch die elektromotorische Kraft fand ich in demselben Abhängigkeitsverhältnisse.

Dieselben Stoffe, welche den Leitungswiderstand herabsetzen, vor allem die Milchsäure, setzen auch die elektromotorischen Wirkungen des Muskels herab. Mit der Menge der Milchsäure im Muskel nimmt im umgekehrten Ver-

hältnisse sein elektrischer Strom ab und zu. Die chemische Ursache der elektrischen Ströme des Muskels scheint damit erwiesen. Wir verstehen nun, wie das Absterben des Muskels und die Contraction, welche beide den Muskelsaft sauer machen, das gleiche Phänomen der Abnahme des Muskelstromes zeigen können. Im letzten Falle ist diese Abnahme eine vorübergehende, solange noch alkalische Stoffe vorhanden sind, um die entstandene Säure zu neutralisiren, und damit ihre Wirkungen in dieser Richtung wieder aufzuheben.

Die Wirkung der Milchsäure in dem Muskelsafte kann nicht dunkel sein. Wir wissen, dass alle Kräfteerzeugung im thierischen Organismus in ihrem letzten Grunde abhängig ist von Stoffumlagerungen, Zersetzungen und Oxydationen. Bei vielen Gährungen von Flüssigkeiten sehen wir die Zersetzungen durch eine stärkere Anhäufung von Säure z. B. Milchsäure verhindert. Die gleiche Wirkung entfaltet sie sicher auch im Muskelsafte; die chemischen Lebensvorgänge werden durch sie in ihrer Intensität vermindert, damit alle Kräfteerzeugung. Dieselbe Abhängigkeit von grösserer oder geringerer Milchsäuremenge im Muskelsafte zeigt ebenso wie der elektrische Muskelstrom auch die Contractionsfähigkeit des Muskels, so dass wir auch hier den du Bois-Reymond'schen Satz von dem Hand in Hand gehen der Lebenseigenschaften mit dem elektrischen Strom bewahrheiten können.

Man ist versucht nach diesen Erfahrungen von neuem auf die Frage nach dem letzten Grunde der elektromotorischen Eigenschaften der Gewebe an eine chemische Hypothese, wenn auch in wesentlich veränderter Form, zu denken.

Wir haben dazu folgende Momente zu beachten.

1) Der Saft des ruhenden Muskels ist alkalisch oder neutral; stets ist der Muskel von alkalischen Flüssigkeiten umspült.

2) Lässt man einen ausgeschnittenen Muskel ruhig liegen, so geht nach und nach seine Reaction in eine saure (theilweise wenigstens auf Milchsäureanhäufung beruhend) über.

Nach heftigen Contractionen tritt dies sehr viel rascher ein.

Unzweifelhaft geht diese Säurebildung auch im normalen Muskel fortwährend vor sich, sie tritt aber erst in Erscheinung, wenn alle alkalischen Flüssigkeiten zur Neutralisation verbraucht sind. Trotzdem, dass der Muskel fortwährend von alkalischen Flüssigkeiten umspült scheint, kann in manchen Krankheiten (idiopathischer Tetanus beim Frosch) eine schwachsaure Reaction des Muskels auch im lebenden Organismus bestehen.

Im lebenden Muskel findet stets eine Neutralisation der fortwährend gebildeten Säure statt — dieselbe Quelle für elektrische Ströme wie in der Säure-Alkali-Kette! Es muss ein Strom entstehen bis die Muskelflüssigkeit gleichmässig sauer ist und der Grund zur Kräfteerzeugung durch Neutralisation damit aufhört.

Die Regelmässigkeit des mikroskopisch anatomischen Baues des Muskels könnte man als Grund für die grosse Regelmässigkeit der elektrischen Strömungserscheinungen betrachten.

Die chemischen Zersetzungen der Muskelsubstanz, welche zur Säurebildung führen, finden an ihren kleinsten Theilchen statt. Die mikroskopischen reihenweise angeordneten doppelt lichtbrechenden Körperchen (die Disdiakla-

sten) liegen in einer chemisch und optisch verschiedenen einfach lichtbrechenden Flüssigkeit eingebettet. Sicher entspricht dieser regelmässigen Anordnung eine ebenso grosse Regelmässigkeit der chemischen Zersetzungsvorgänge.

Aehnlich regelmässig sind auch die Nerven gebaut: der im Innern liegende Axencylinder, das umlagernde Mark machen die Verhältnisse ähnlich, als hätte man einen einzigen Disdiaclasten in seiner einfach lichtbrechenden Flüssigkeit vor sich.

Die eben vorgetragene chemische Anschauung der du Bois-Reymond'schen Molecularhypothese beruht in einigen Beziehungen nicht nur auf Wahrscheinlichkeit, sondern Gewissheit. Es bedarf keines Beweises, dass durch die fortwährende Säurebildung im Muskelsafte und deren ebenso beständige Neutralisation elektrische Strömungsvorgänge im Muskel erzeugt werden müssen. Die Beobachtung, dass der absterbende und tetanisirte Nerve ebenso saure Reaction seines Inhaltes annimmt, zeigt, dass bei ihm dieselben Verhältnisse wie bei dem Muskel, natürlich mit demselben Erfolge, sich finden müssen. Doch ist diese Begründung auch in der hier gegebenen Form immer noch sehr oberflächlich gegenüber der physikalischen Hypothese. Wenn wir auch annehmen, dass an in alkalische Flüssigkeit eingebetteten kleinen regelmässig gestellten Theilen die Säurebildung erfolgt, so haben wir damit immer noch nicht die dipolaren peripolar angeordneten Molecüle, wie wir sie doch sicher voraussetzen müssen. Die chemischen Molecüle, aus denen sich der Muskel zusammensetzt und denen er im letzten Grunde seine elektromotorischen Eigenschaften verdankt, müssen ja nothwendig ebenso complicirt gebaut und angeordnet sein, wie die physikalischen, welche die du Bois-Reymond'sche Hypothese fordert. So lange wir diesen chemischen Bau nicht nachzuweisen vermögen, so lange muss jeder Versuch, die elektrischen Molecüle auf chemische Differenzen zurückzuführen, als unvollständig erscheinen.

Die vorgetragene chemische Hypothese zeigt jedoch schon jetzt, dass es der weiteren Forschung gelingen wird, die chemischen Ursachen für die elektromotorischen Eigenschaften der Gewebe aufzufinden, trotzdem dass diese zu den hervorragendsten Lebenseigenschaften derselben gehören und die Wissenschaft wird damit einen bedeutungsvollen Schritt vorwärts gethan haben in ihrer Aufgabe, die Erscheinungen des Lebens auf die Wirksamkeit der anorganischen Naturgesetze zurückzuführen.

Dreiundzwanzigstes Capitel.

Der elektrische Strom in seinen Einwirkungen auf die Lebenseigenschaften der Gewebe.

Einwirkung constanter Ströme auf den Nerven.

Wir haben bisher den eigenen elektrischen Strom der Gewebe in einer innigen Wechselbeziehung stehend gefunden mit ihren Lebenseigenschaften. Wir sahen, wie jede Schwächung der letzteren sich als eine Schwächung der elektromotorischen Kraft geltend machte; mit dem Aufhören des Lebens verschwanden die elektrischen Wirkungen ebenfalls; während der Thätigkeit der Organe zeigten sich ihre galvanischen Ströme wesentlich verändert.

Jetzt stellt sich uns die wichtige Frage entgegen: was für einen Werth haben diese elektrischen Strömungen im Haushalte des Organismus? Was für eine Rolle ist ihnen von der Natur zuertheilt? Schon ihr Gebundensein an die volle Lebensenergie der Organe zeigt uns darauf hin, dass sie für den Lebensprocess selbst unentbehrlich sind. Wir wollen versuchen, wie weit es uns gelingt, sie in ihrer Wirksamkeit zu verstehen.

Der elektrische Strom der Muskeln und Nerven muss bis zu einem gewissen Grade ähnliche, ja die gleichen Wirkungen üben, als ob wir einen solchen von aussen auf diese Gewebe, natürlich in gleicher Richtung, einwirken lassen.

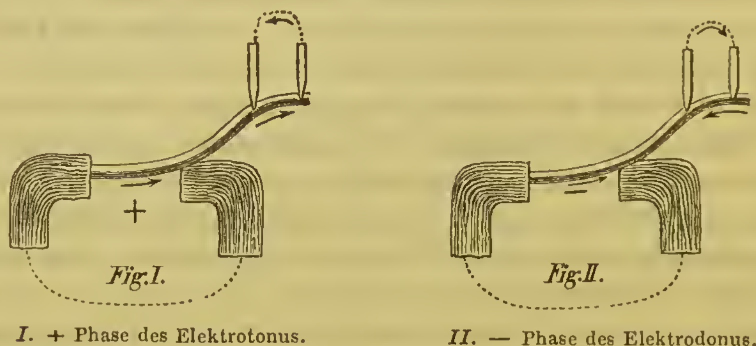
Da der elektrische Strom Bedingung für die übrigen Lebenseigenschaften ist, so scheint es, dass wir nach diesem Gesichtspuncte im Stande sein müssen, die Lebenseigenschaften wenigstens in eben abgestorbenen und dadurch nun an sich elektromotorisch unwirksamen Geweben durch das Einleiten eines elektrischen Stromes in gesetzmässiger Richtung wieder wenigstens spurweise hervorzurufen. Derartige Versuche sind bis jetzt noch nicht angestellt, doch deutet auf die Wahrheit dieser Annahme der Versuch Heidenhain's. Er zeigte, dass leistungsunfähige Muskeln, bei denen jedoch die Todtenstarre noch nicht eingetreten ist, bis zu einem gewissen Grad wieder erregbar werden, wenn ein starker galvanischer Strom sie einige Zeitlang in der Längenrichtung durchfliesst. Der Muskel zuckt auf Oeffnung eines gleich- und Schliessung eines entgegengesetzt gerichteten Stromes, wie der war, der ihn durchströmt hatte. Es schliesst sich diese Beobachtung an die Modificationen der Erregbarkeit an, welche der Nerve durch das Durchleiten constanter Ströme erfährt,

Du Bois-Reymond's Elektrotonus.

Du Bois-Reymond machte die ungemein wichtige Entdeckung, dass, wenn man durch ein beliebiges Stück eines Nerven einen constanten galvanischen Strom leitet, der Nerve in seiner ganzen Länge in Beziehung auf seine elektromotorischen Eigenschaften modificirt wird. Dieser veränderte elektrische Zustand erhielt den Namen: Elektrotonus oder elektrotonischer Zustand. Die Erscheinungen sind folgende.

Liegt der Nerve mit Quer- und Längsschnitt auf den Bäuschen der unpolarisirbaren Elektroden (Zuleitungsgefässe), sodass eine constante Ablenkung der Multiplicatornadel aus der Ruhelage den im Multiplicatorkreise fliessenden Nervenstrom anzeigt, welcher vom (künstlichen oder natürlichen) Querschnitt des Nerven zum Längsschnitt gerichtet ist, und man lässt nun auf das andere nicht mit dem Multiplicator verbundene Ende des Nerven einen constanten Strom einer galvanischen Batterie einwirken, so zeigt sich der Nervenstrom am Multiplicator entweder verstärkt oder geschwächt: er zeigt die positive oder negative Phase des Elektrotonus, je nachdem der Strom der galvanischen Kette — der sogenannte polarisirende Strom — dem Nervenstrom gleich- oder entgegengesetzt gerichtet ist (Fig. 156). Der Einflus des Elektro-

Fig. 156.



I. + Phase des Elektrotonus. *II.* — Phase des Elektrodonus.

tonus ist am grössten in der unmittelbaren Nähe der Pole, doch kann man nachweisen, dass der Elektrotonus nicht etwa von hereinbrechenden Stromschleifen des constanten Stromes in den Multiplicatorkreis herrührt. Schneidet man das direct von dem Strome durchflossene Nervenstück ab, während das, von dem man den Nervenstrom ableitet, unverrückt auf den Bäuschen liegen bleibt und legt nun die Schnittenden wieder fest aneinander an, so ist damit die Möglichkeit der Stromschleifen nicht verringert. Es zeigt sich dabei jedoch, dass die Elektrotonusphasen verschwinden, zum Beweise, dass diese in einer Wirkung auf die Nervenmolecüle selbst, auf einer Polarisation derselben beruhe.

Diese Erscheinung lässt sich mit Hülfe der du Bois-Reymond'schen Molecularhypothese leicht erklären. Der polarisirende Strom bewirkt eine Stellungsveränderung der elektrischen Molecüle. Die peripolare Anordnung kann unter seiner Einwirkung in der direct durchflossenen Nervenstrecke nicht fortbestehen, die dipolaren Molecüle werden so gerichtet, dass jedes seinen

positiven Pol der negativen Elektrode seinen negativen Pol der positiven Elektrode zukehrt, ganz in derselben Weise, in der wir bei der Elektrolyse die Flüssigkeitsmolecüle uns gestellt denken müssen. Auch die nicht direct vom Strome durchflossenen aber den durchflossenen zunächst benachbarten Molecüle nehmen diese Stellung ein, weil jene auf letztere auch eine gewisse Richtkraft ausüben, mit ihren positiven Polen die negativen anziehen und umgekehrt. Die Drehung der Molecüle der nicht direct durchflossenen Nervenstrecke ist am vollkommensten in dem angegebenen Sinne, je näher sie an den Polen liegen, mit der Entfernung nimmt die Stellungsveränderung, die Grösse der Drehung immer mehr ab. Hiedurch wird nun im ganzen Nerven eine Veränderung der elektromotorischen Wirkung gesetzt im Sinne der Richtung des polarisirenden Stromes. Der Nervenstrom wird stärker werden, wenn der polarisirende ihm gleich, schwächer, wenn er ihm entgegengesetzt gerichtet ist.

Diese Veränderung der Stromstärken je nach der Einwirkungsrichtung des polarisirenden Stromes zeigen sich am Muskel nicht in der Weise wie am Nerven, sodass wir in der grösseren Leichtigkeit, die Polarisation anzunehmen, einen wesentlichen Unterschied zwischen Muskel und Nerve wahrnehmen. Absolut fehlt jedoch auch dem Muskel diese Fähigkeit nicht. Nur scheint bei ihm die polarisirende Wirkung sich nur in der nächsten Nähe der Pole zu zeigen (A. v. Bezold cfr. unten).

Pflüger's Elektrotonus.

Der positive Pol eines elektrischen Stromes wird gewöhnlich als Anode, der negative als Kathode bezeichnet. Wir können an einem von zwei Querschnitten begrenzten Nerven (also entweder an einem ausgeschnittenen Nervenstücke, das zwei künstliche Querschnitte besitzt, oder an dem Nervmuskelpräparat des Ischiadicus und Gastrocnemius, der an der Eintrittsstelle des Nerven in den Muskel einen natürlichen und an der Trennungsstelle vom Rückenmark einen künstlichen Querschnitt hat S. 590) in der oben angegebenen Weise die beiden elektrischen Gesammtströme abwechselnd von dem einen oder dem anderen Querschnitt oder an zwei Multiplicatoren gleichzeitig von beiden Nervenquerschnitten ableiten, die beiden Ströme sind sich natürlich entgegengesetzt gerichtet. Wenn wir nun einen polarisirenden constanten elektrischen Strom in eine mittlere Strecke des Nerven einleiten, so ist derselbe selbstverständlich stets dem einen Nervenstrom gleich, dem anderen entgegengesetzt gerichtet. Beide Ströme, der Nervenstrom und der polarisirende Strom, sind in jenem Nervenstücke gleich gerichtet, welches (Fig. 156) zunächst innerhalb und ausserhalb der Anode liegt, von welcher ausgehend der polarisirende Strom durch den Nerven zur Kathode fliesst; es herrscht also ausserhalb der Anode positive Phase des Elektrotonus. Kehren wir die Stromrichtung um, so befindet sich nun dem bisher betrachteten Nervenstück die Kathode zunächst, es herrscht dann dort negative Phase. Stets entsteht so in dem der Anode zunächst aber ausserhalb des direct polarisirend durchflossenen Nervenstücks — der sogenannten intrapolaren Strecke — liegenden Nerventheile in der sogenannten anelektrotonischen Strecke positive, an der

Kathode in der katelektrotonischen Strecke ebenso negative Phase des du Bois-Reymond'schen Elektrotonus. Dasselbe ist in der direct durchflossenen Nervenstrecke in ganz gleicher Weise der Fall (S. 608).

Es war äusserst wahrscheinlich, dass diese Veränderung in den elektrischen Molecularverhältnissen des Nerven auf seine sonstigen Lebenseigenschaften nicht ohne den bedeutendsten Einfluss bleiben könne.

Die Moleeüle sind durch den polarisirenden Strom in einer bestimmten Richtung festgehalten, es gehört eine Kraft dazu — grösser als diese Richtkraft — um bedeutendere Bewegungen nach anderer Richtung in ihnen einzuleiten. Der polarisirende Strom wirkt als Hemmung gegen andere Bewegungsantriebe ein und zwar nach einer Beziehung in beiden Phasen, die er hervorruft. v. Bezold war im Stande nachzuweisen, dass beide Elektrotonusphasen die Erregungsleitung im Nerven nicht unbedeutend verzögern, was nach dem Angeführten sich nothwendig ergeben musste.

Noch bedeutungsvoller sind die von Pflüger und Eckhard entdeckten und genau studirten Veränderungen der Erregbarkeit der veränderten elektromotorischen Wirkung entsprechend.

Nach Pflüger ist bei schwachen und mässig starken polarisirenden Strömen in der anelektrotonischen Strecke die Erregbarkeit bedeutend erhöht, in der katelektrotonischen dagegen entsprechend vermindert. Er nennt diesen Zustand verminderter Erregbarkeit an der Anode: Anelektrotonus, den der Erhöhung an der Kathode: Katelektrotonus. Auch diese Veränderungen sind in der Nähe der Pole am stärksten und nehmen mit der Entfernung von ihnen ab. In der intrapolaren, direct vom polarisirenden Strom durchflossenen, Strecke ist die Erregbarkeit im Ganzen genommen erhöht.

Das Gesetz des Elektrotonus bei geschlossener polarisirender Kette lässt sich also folgendermassen darstellen:

An der **Anode** des den Nerven polarisirenden Stromes herrscht stets gleichzeitig Erhöhung der Nervenstromintensität (positive Phase) und Verminderung der Erregbarkeit (Anelektrotonus); an der **Kathode** findet sich stets Verminderung der Nervenstromintensität (negative Phase) und Erhöhung der Erregbarkeit (Katelektrotonus).

Mit der Verstärkung des polarisirenden Stromes nimmt anfänglich die Stärke der Erregbarkeitsveränderung in dem angegebenen Sinne zu. Werden die Ströme noch stärker, so nehmen sie von einem Maximum, das sie vorher erreichten, wieder ab und verschwinden endlich gänzlich, um bei den stärksten Strömen unter Umständen in die entgegengesetzten Veränderungen überzugehen.

Unterbricht man den polarisirenden Strom, so kehren die Erregbarkeitsveränderungen erst allmählich wieder zur Norm zurück. Vorher treten die entgegengesetzten Modificationen der Erregbarkeit in den vorhin polarisirten Strecken ein. Die anelektrotonische Strecke, welche während der Polarisation in ihrer Erregbarkeit herabgesetzt war, zeigt nur für einige Zeit eine mehr und mehr abnehmende Steigerung, Verstärkung derselben: die positive Modification der Erregbarkeit. Umgekehrt zeigt die katelektrotonische Strecke

zuerst eine sehr kurz dauernde bei starken polarisirenden Strömen verschwindende Schwächung: die negative Modification der Erregbarkeit, die sehr rasch auch in eine positive übergeht, welche nach und nach verschwindet. Dem oben gegebenen Gesetze entsprechend zeigt sich der Nervenstrom nach den beiden Phasen des Elektrotonus geschwächt, woraus die Erregbarkeitserhöhung sich ergeben muss. —

Die Modificationen der Erregbarkeit hat in der neuesten Zeit vor allem Rosenthal von neuem studirt. Jeder constante Strom, welcher eine Nervenstrecke eine Zeit lang durchströmt, versetzt diese in einen Zustand, in welchem die Oeffnung dieses und der Schluss des entgegengesetzt gerichteten Stromes eine heftige Bewegung ausführt. Die entgegengesetzten Stromrichtungen sind entweder unwirksam oder hemmen eine vorhandene Bewegung (Oeffnungstetanus).

Elektrische Reizung und Zuckungsgesetz; isolirte Nervenleitung.

Wir haben unter den Nervenreizen, die den motorischen Nerven zur Vermittelung der Contraction seines Muskels, den sensiblen zur Erregung von Schmerz veranlassen, vor allem Intensitätsschwankungen elektrischer Ströme erwähnt (cfr. S. 576).

Man hatte früher geglaubt, dass für die Stärke der Erregung des Nerven vor allem die Stromstärke (Stromdichte) des elektrischen Stromes von Einwirkung sein müsse, mit Hülfe dessen man den Nerven reizte. E. du Bois-Reymond zeigte, dass die Stromdichte an sich für den Erfolg der Reizung ziemlich unwesentlich sei. Er stellte zunächst für den motorischen Nerven, aber auch für den Muskel, das wohl auch für die sensiblen Nerven geltende Gesetz der elektrischen Reizung auf:

»Nicht der absolute Werth der Stromdichte ist das die Zuckung bedingende Moment, sondern die Grösse ihrer **Schwankung** innerhalb zweier aufeinander folgender, sehr kleiner Zeittheilchen, und im Allgemeinen ist die Zuckung um so stärker, je grösser die Schwankung des Stromes in der Zeiteinheit ist.«

Solche erregende Stromschwankungen lassen sich am einfachsten durch Schliessen oder Oeffnen eines constanten Stromes, dessen Elektroden man dem Nerven (oder Muskel) anlegt, erreichen. Die Dichte schwankt dabei von einer bestimmten Höhe zu Null und umgekehrt. Ein sehr schönes Mittel rasch in ihrer Dichte schwankende Ströme zu erzeugen, werden wir im folgenden Capitel an den Inductionsapparaten kennen lernen. Mit Hülfe von Apparaten (z. B. Schwankungsrheochord), welche gestatten, ohne den Strom zu öffnen oder zu schliessen, willkürlich Dichtigkeitsschwankungen desselben zu erzielen, kann man das angegebene Gesetz auch für den geschlossen bleibenden constanten Strom bewahrheiten.

Nur insofern steht die Nervenerregung in einer Abhängigkeit von der Stromstärke selbst, als die Muskelzuckung, welche die Nervenerregung hervorruft, wächst von Null Stromstärke an bis zu einer bestimmten Höhe, an der

sie ihr Maximum erreicht. Fick und A. B. Meyer haben weiter gezeigt, dass kurz andauernde, den Nerven aufsteigend durchfliessende constante Ströme, ebenso Schliessungsinductionsschläge, bei allmählicher Steigerung ihrer Stromstärke erst ein Maximum erreichen, dann, nachdem das Maximum einige Zeit (bei weiterer Steigerung) angehalten, bei noch weiterer Steigerung abermals wachsende Zuckungen geben, um auf ein zweites höheres Maximum zu kommen.

Der constante Strom selbst, so lange er ohne Schwankung seiner Intensität den Nerven durchfliesst, erregt den Nerven nicht. Doch machen von diesem Verhalten sehr schwache Ströme und sehr starke Ströme eine Ausnahme, welche beide Tetanus, besonders an sehr reizbaren Nerven, hervorrufen. Vor allem reagirt auf schwache constante Ströme das Rückenmark mit starkem Tetanus. Man sucht sich diese Erscheinung durch elektrolytische Wirkung der Ströme zu erklären.

Nach Fick darf die Dauer der Einwirkung des constanten Stromes auf den Nerven unter einen bestimmten unteren Grenzwerth (0,001 Sec.) nicht sinken, damit der Strom seine volle erregende Wirkung auf den Nerven entfalte. Nach den Angaben E. du Bois-Reymond's nimmt man bisher an, dass der Uebergang des Nerven in den erregten Zustand und aus diesem in den ruhenden zurück momentan erfolgt: »die Nervenmolecüle besitzen ein unendlich kleines Trägheitsmoment.«

Die Stromschwankungen erregen den Nerven am stärksten, wenn sie ihn der Länge nach durchfliessen, ihre Wirksamkeit ist sehr gering oder bleibt bei geringer Stromintensität ganz aus, wenn sie in der Querrichtung den Nerven durchsetzen.

In der nächsten Nähe von Querschnitten von Nervenfasern zeigt sich für einige Zeit nach der Anlegung des Querschnitts die Erregbarkeit erhöht. Munk fand solche »ausgezeichnete« Stellen mit höherer Erregbarkeit am Ischiadicus an den Abgangsstellen der Oberschenkeläste und an der Theilungsstelle des Nerven.

Eine eigenthümliche Gestalt nimmt die elektrische Erregung des Nerven an, wenn sie durch die uns im vorhergehenden Capitel bekannt gewordenen Schwankungen der elektromotorischen Verhältnisse der thierischen Gewebe: Muskel und Nerve erfolgt. Man kennt eine Nervenerregung (Zuckung) vom Muskel und vom Nerven aus. Beide Phänomene sind nicht identisch, wie E. du Bois-Reymond gezeigt hat.

Die Zuckung vom Muskel aus erfolgt dann, wenn wir an einen Muskel einen Nerven eines anderen Nervmuskelpräparates anlegen und nun den ersten Muskel von seinem Nerven aus zur Zuckung erregen. Es entsteht, wie wir wissen, bei jeder Muskelzuckung eine negative Schwankung des elektrischen Muskelstromes, es muss durch eine solche der angelegte Nerve erregt und dadurch der zweite Muskel auch zur Zuckung gebracht werden. Dieser Versuch gelingt wirklich. Versetzt man den primären Muskel nicht in eine einfache Zuckung, sondern in Tetanus, so verfällt der secundäre Muskel ebenfalls in Tetanus. Wir gewinnen dadurch einen sehr wichtigen Einblick in die elektromotorischen Verhältnisse des tetanisirten Muskels. Am Multiplicator sehen wir im Tetanus nur eine einfache negative Schwankung eintreten, es scheint daraus also eine constante Abnahme des elektrischen Muskelstromes dabei

zu erfolgen. Dieser Versuch (Tetanus vom Muskel aus) lehrt aber, dass sich diese negative Schwankung des Muskelstromes zusammensetze aus fortwährenden Intensitätsschwankungen des Stromes nach auf- und nach abwärts, wir wissen ja, dass nur auf diese Weise der Nerve und Muskel elektrisch tetanisirt werden kann (S. 525).

Um die Zuckung vom Nerven aus entstehen zu lassen, hat man ein ausgeschnittenes Nervenstück an einen motorischen Nerven (Ischiadicus), der noch mit seinem Muskel verbunden ist, anzulegen. Der Muskel des zweiten Nerven zuckt, wenn man am angelegten Nervenstücke eine nicht zu schwache Kette öffnet oder schliesst. Die Zuckung entsteht hiebei aber nicht durch die schwache, rasch vorübergehende negative Schwankung des Nervenstromes, sondern durch die viel mächtigeren Stromschwankungen, welche dem Elektrotonus angehören, von denen E. du Bois-Reymond gezeigt hat, dass sie sich von einem direct polarisirten Nerven auf einen angelegten zweiten Nerven verbreiten können (secundär elektrotonischer Zustand). Diese Elektrotonusphasen pflanzen sich nach auf- und abwärts im Nerven eine nicht unbeträchtliche Strecke fort. Dieser Versuch der Zuckung vom Nerven aus wird zum paradoxen Versuche durch folgende Anordnung. Der N. ischiadicus des Frosches theilt sich gegen den Unterschenkel zu in zwei Aeste die Rr. peronaeus und tibialis. Präparirt man am Nervmuskelpräparate den unten abgeschnittenen Ramus peronaeus möglichst weit von unten nach oben frei, so hat man ein ähnliches Präparat wie oben, wo wir zwei Nerven aneinander legten; hier verlaufen die Nervenfasern für beide Nerven zwar wie wir wissen getrennt, aber in eine gemeinschaftliche Scheide eingebettet, im selben Nerven. Reizt man nun den R. peronaeus in der obigen Weise, so zucken alle vom R. tibialis versorgten Muskeln. Es pflanzt sich also der Erregungszustand des motorischen Nerven von der gereizten Stelle aus nicht nur auch nach oben hin fort, was man nicht vermuthet hatte, sondern man findet noch ausserdem, dass der Erregungszustand von einer Nervenfaser auf eine ihr benachbarte übergehen und diese mit erregen kann. Es widerspricht dieser Befund scheinbar einem physiologischen Grundgesetze: dem **Gesetz der isolirten Leitung**, welches lehrt, dass der normale Reizzustand einer Nervenfaser durch einen Nerven hinläuft, ohne eine andere Nervenfaser zu erregen. Nur dadurch wird es ja ermöglicht, dass der vom Gehirne oder einem andern Nervencentrum oder Sinnesapparat ausgehende Erregungszustand einer Nervenfaser bestimmte, gesonderte Wirkungen hervorbringt. Wäre diese isolirte Leitung nicht, so würde jede Erregung, welche eine Nervenfaser in einem Nerven (oder im Rückenmarke oder Gehirne) trifft, alle benachbarten Nervenfasern mit erregen, es wäre keine geordnete Thätigkeit des Nerven möglich. E. du Bois-Reymond hat gezeigt, dass dieses Gesetz im elektrischen Sinne nicht richtig ist; nicht nur dieser paradoxe Versuch, sondern auch alle elektrischen Vorgänge im Nerven (und Muskel) zeigen, dass ein Isolirtbleiben des elektrischen Zustandes auf eine Faser nicht stattfindet, wir haben dort ja überall Summeneffecte vor uns. Trotzdem bleibt bei normalen Lebensbedingungen (geringer Grösse der Intensitätsschwankung?) der elektrische Vorgang, welchen wir den Erregungszustand des Nerven im lebenden Thiere begleiten sehen, auf die erregte Nervenfaser beschränkt, da das Gesetz der isolirten

Leitung ja für die Erregung der Nerven durch ihre normalen Reize vollkommen gültig ist. Es scheint, dass, wie man schon früher annehmen zu dürfen glaubte, hier das Mark des Nerven eine die Ausbreitung der (sehr geringen?) elektrischen Veränderungen von einer Faser auf die andere beschränkende Wirkung besitzt. Das Protagon, welches die Hauptmasse des Nervenmarkes ausmacht, hat vielleicht (Kühne) ein sehr geringes Leitungsvermögen für Elektricität.

Zuckungsgesetz. Die Schliessung und Oeffnung eines constanten Stromes, also positive und negative Schwankungen des erregenden Stromes, reizen den Nerven nicht in gleichem Maasse. Nach Pflüger wird eine Nervenstrecke nur dann erregt, wenn in ihr Katelektrotonus entsteht oder zunimmt, oder Anelektrotonus verschwindet oder abnimmt.

Die betreffenden Untersuchungen sind an motorischen Nerven gewonnen, seit alter Zeit nennt man daher die hierher gehörigen Erscheinungen: Zuckungsgesetz. Erst durch die Pflüger'schen Untersuchungen ist es in seinem Wesen erhellt worden. Wir müssen uns daran erinnern (S. 603), dass dadurch, dass man auf ein mittleres Stück eines motorischen noch mit seinem Muskel in Zusammenhang stehenden Nerven einen polarisirenden Strom einwirken lässt, der ganze Nerve in zwei Abschnitte zerlegt wird, in dem einen: in der anelektrotonischen Strecke, herrscht Herabsetzung, in der katelektrotonischen Erhöhung der Erregbarkeit, solange der Strom fliesst; nach seinem Aufhören entstehen die entgegengesetzten Modificationen. Da nun die Erhöhung der Erregbarkeit im Nerven erregend wirkt, so wird, wenn der elektrische Strom den Nerven aufsteigend, vom Muskel dem Rückenmarksende zu, durchströmt, die obere, vom Muskel aus jenseits der intrapolaren Strecke gelegene Nervenstrecke erregt. Bei absteigendem Strome ist die erregte Stelle umgekehrt dem Muskel näher gelegen. Wird der Strom geöffnet, so wird bei aufsteigendem Strome die untere, bei absteigendem die obere die erregte sein. Beide Reizursachen, der entstehende Katelektrotonus und der vergehende Anelektrotonus sind an Stärke verschieden, ersterer wirkt bei mittelstarken und starken Strömen heftiger. Bei ganz schwachen Strömen ist dagegen der von dem verschwindenden Anelektrotonus ausgeübte Reiz noch nicht stark genug, um den Nerven in den Erregungszustand zu versetzen, während der entstehende Katelektrotonus die Reizung schon hervorbringt; so kommt es, dass bei solchen schwachen Strömen nur die Schliessung sowohl in auf- als absteigender Richtung Zuckung erzeugt. Bei mittelstarken Strömen wirken beide Reize, es entsteht sowohl Schliessungs- als Oeffnungszuckung, mag der Strom auf- oder absteigend im Nerven gerichtet sein. Sehr starke Ströme machen die intrapolare Strecke nach Pflüger zur Erregungsleitung auch für einige Zeit, nachdem sie direct zu wirken aufgehört haben, vollkommen unfähig, so kann also der Reiz nur dann zur Wirksamkeit kommen, wenn er auf die untere, zwischen palarisirendem Strom und Muskel gelegene Nervenstrecke einwirkt: der aufsteigende Strom also bei der Oeffnung, der absteigende bei der Schliessung.

Wir haben schon früher (S. 575) das Ritter-Valli'sche Gesetz von der stetigen Erregbarkeitsabnahme der ausgeschnittenen Nerven besprochen, welche nach einer vorausgegangenen Erhöhung der Erregbarkeit, vom oberen Ende des

Nerven zum unteren fortschreitet. Merkwürdiger Weise verändert diese Erregbarkeit den Nerven in Beziehung auf seine Fähigkeit, auf Stromschwankungen mittelstarker Ströme Zuckungen auszulösen, genau in der gleichen Weise, wie wir das für die Stromstärken eben kennen gelernt haben. Man unterscheidet danach drei Erregbarkeitsstadien, in denen sich der Nerve mittelstarken Reizen gegenüber genau in der oben angegebenen Weise verhält, sodass z. B. sehr erregbare Nerven nur bei der Schliessung des auf- und der Oeffnung des absteigenden Stromes Zuckung erregen. Das oben angeführte Zuckungsgesetz gilt daher nur für die mittleren Erregbarkeitsgrade der Nerven: für das sogenannte zweite Erregbarkeitsstadium.

Nach diesen Auseinandersetzungen wird folgendes Schema leicht verständlich sein, in welchem Z = Zuckung, R = Ruhe des Muskels bedeutet, S = Schliessung, O = Oeffnung des reizenden Stromes.

Für die Demonstration der Erregbarkeitsstadien gilt als Reiz ein mittelstarker Strom, der also Schliessungs- und Oeffnungszuckung bei ausgeschnittenen im zweiten Erregbarkeitsstadium befindlichen Nerven hervorruft.

Zuckungsgesetz.

Stromstärke:	Aufsteigender Strom		Absteigender Strom		Erregbarkeits-Stadium
Schwach	S — Z	O — R	S — Z	O — R	I.
Mittelstark	S — Z	O — Z	S — Z	O — Z	II.
Stark	S — R	O — Z	S — Z	O — R	III.

War der zur Reizung verwendete Strom sehr stark oder ein mittelstarker Strom lange Zeit im Nerven geschlossen, so tritt an Stelle der Oeffnungszuckung ein Oeffnungstetanus ein. Pflüger konnte diesen Oeffnungstetanus, der sogleich wieder verschwindet, sowie man den polarisirenden Strom wieder schliesst, zum Beweise seines Satzes über den Ort der Erregung verwerthen. Bei absteigendem Strome ist bei der Oeffnung die obere Nervenstrecke im Zustand des vergehenden Anelektrotonus, schneiden wir diese Nervenstrecke ab durch einen Schnitt zwischen den Elektroden des geöffneten Stromes, so hört der Tetanus, da der Grund für sein Zustandekommen wegfällt, sofort auf. Bei aufsteigend gerichtetem Strome gelingt dieses Experiment selbstverständlich nicht.

Durch die Untersuchungen von v. Bezold ist es erwiesen, dass das Zuckungsgesetz des Nerven ebenso für den s. v. v. seiner Nerven beraubten Muskel mit Curare vergifteter Frösche seine Geltung hat. Es ist dieses der Hauptbeweis für den oben aufgestellten Satz, dass der Muskel auch in den elektrotonischen Zustand übergehen kann, da wir ja sehen, dass das Zuckungsgesetz sich aus jenem erklärt.

Elektrotonus des Rückenmarks.

Ein dem Elektrotonus am Nerven analoger Zustand lässt sich auch am Rückenmarke von Fröschen durch das Hindurchleiten eines constanten elektrischen Stromes in seiner Längsrichtung (die Querrichtung ist, sobald der Strom

nicht zu stark ist, wodurch Stromschleifen entstehen, unwirksam), gleichgültig ob auf- oder absteigend, erzeugen. Unter diesen Umständen werden die elektrischen Rückenmarksmoleciile säulenartig polarisirt; sie bilden unter der Einwirkung der elektrischen Richtkraft bis zu einem gewissen Grade starre Säulen, wodurch die Molecüle verhindert werden, sich in einer im Winkel auf ihre Polarisationslinie stehenden Richtung zu bewegen.

Der Effect der Durchleitung des keine Zuckungen erregenden, constanten Stromes ist nun der, dass das Rückenmark seine Fähigkeit auf Hautreize Reflexbewegungen auszulösen, vollkommen verliert oder wenigstens bedeutend vermindert zeigt. Sowie der Strom wieder geöffnet ist, kommen entweder momentan oder nach einer Zeit der Nachwirkung die Reflexe zurück (J. Ranke).

Es wird uns diese Wirkung des constanten Stromes leicht anschaulich, wenn wir daran denken, dass die Reflexvermittelung doch sicher auf Querleitung im Rückenmarke beruht. Dieser Erregungsleitung in der Querrichtung, die wir uns als eine Molecularbewegung zu denken haben, steht nun die oben geschilderte säulenartige Polarisation entgegen, die als Hemmung der Bewegung der geforderten Richtung wirkt.

Wie schon angedeutet, muss selbstverständlich der elektrische Strom der Gewebe eine analoge Wirkung auf die letzteren äussern, wie die in ihren Effecten bisher besprochenen, von aussen her einwirkenden elektrischen Ströme. Es müssen auch unter ihrer Einwirkung die Gewebsmolecüle eine bestimmte Stellung, eine Art Polarisation annehmen, wie durch jene. Die Molecüle werden von den normalen elektrischen Gewebsströmen in einer bestimmten Richtung festgehalten werden, es gehört auch hier ein Kraftaufwand dazu, grösser als die Richtkraft, um in ihnen Stellungsveränderungen zu veranlassen.

Bedeutung des elektrischen Stromes für die Nerven und Muskeln.

Diese Betrachtungsweise giebt uns einige Fingerzeige für die Beurtheilung der bisher betrachteten Verbindung der elektrischen Eigenschaften der Gewebe mit ihrer Erregbarkeit.

Im Elektrotonus sehen wir den Nerventheil, dessen ableitbarer Strom vermindert ist — die katelektrotonische Strecke — in dem Zustande erhöhter Erregbarkeit; umgekehrt sehen wir Verminderung der Erregbarkeit in der anelektrotonischen Strecke, in welcher sich der Nervenstrom verstärkt zeigt. Die Richtkraft, unter deren Einwirkung die Molecüle stehen, nimmt wie es scheint mit der Intensitätsveränderung des ableitbaren elektrischen Nervenstromes in gleichem Sinne ab und zu. Der Nervenstrom selbst ist demnach als Bewegungshemmung aufzufassen.

So verstehen wir nun auch die Beobachtung v. Bezold's, dass die negative Schwankung des Gewebsstromes in die Zeit der latenten Reizung also vor den Eintritt der Erregung selbst fällt. Es muss eben auch hier die Richtkraft des Nervenstromes zuerst geschwächt werden, ehe es dem Reize gelingt, die Molecüle in die Lagerung zu lenken, welche dem erregten Zustande entspricht.

Wir dürfen danach vermuthen, dass auch sonst bis zu einer gewissen Grenze die Erregbarkeit der elektromotorisch wirksamen Gewebe zunimmt mit der Abschwächung ihrer normalen Stromentwickelung; die Hemmung der Bewegung wird auch geringer werden in Folge aller Ursachen, die den elektrischen Muskel- und Nervenstrom schwächen, ohne die Lebenseigenschaften der betreffenden Gewebe zu vernichten. Die praktische Beobachtung rechtfertigt diese Annahme vollkommen. Wir sehen nach dem Abtrennen des Nerven vom Rückenmarke als Erscheinung des Absterbens die Erregbarkeit zuerst steigen. Wir sehen im Winter bei Fröschen, wenn vielfältig der Muskelsaft schon des ruhenden Muskels durch Circulationsstörungen sauer ist, wenn die Muskeln sehr wasserreich sind und durch beide Momente die Intensität des Muskel- und Nervenstromes ganz darniederliegt und durch anormal gerichtete, krankhafte parelektronomische Ströme von der Sehne aus noch weiter geschwächt wird, Nerv und Muskel schon auf die kleinsten Reize mit den heftigsten Krampfanfällen antworten; nach vorausgegangenem Tetanus, der den normalen Strom schwächt, sahen wir die Erregbarkeit besonders der Nerven erhöht. So wird es uns auch erklärlich, warum wir bei wässerigen, muskelschwachen Individuen, bei chlorotischen Frauen so leicht auf verhältnissmässig schwache äussere Reize Krämpfe antworten sehen.

Der starke in der Längsrichtung fliessende elektrische Rückenmarksstrom polarisirt die Rückenmarksmolecüle natürlich auch. Es bedarf einer durch sensible Reize zugeleiteten negativen Stromschwankung im Rückenmarke, um die Reflexquerleitung zu ermöglichen.

Die Nervenstämme, wenigstens die der unteren Extremitäten, sind stets von einem aufsteigenden Strom — dem Froschstrome — durchflossen, der ihre Molecüle polarisirt. An der Eintrittsstelle der Nerven in ihren Muskel, an dem natürlichen Nervenquerschnitt herrscht daher Anelektrotonus, dort muss die Nervenerregbarkeit etwas herabgesetzt sein. Auch der ausgeschnittene Gastrocnemius des Frosches zeigt einen aufsteigenden Strom, der also die Eintrittsstelle des Nerven polarisiren wird. Vielleicht lassen sich darauf die Unterschiede der Erregbarkeit reduciren, welche von Pflüger und Heidenhain an dieser Stelle gefunden wurden. Beide Autoren finden die Erregbarkeit in der Nähe des Nerveneintrittes in den Muskel geringer als an entfernteren Stellen. Nach Heidenhain sinkt die Erregbarkeit vom Muskel weg erst noch etwas, um dann erst zu steigen. Dass die Stärke des Nervenstromes und also noch mehr des Muskelstromes ausreicht, um Polarisation im Nerven zu erzeugen, ist von Pflüger direct erwiesen worden. Er konnte seine Elektrotonusphasen erzeugen durch Anlegung eines Nervenquer- und Längsschnittes an den auf seine Erregbarkeit zu prüfenden Nerven. Leider sind diese Fragen: über die Wirkungsweise des »Froschstromes« auf die Erregbarkeit etc. der von ihm durchflossenen Nerven und Muskeln noch gar nicht geprüft.

Wir haben bisher den elektrischen Strom der Gewebe in vielseitiger Abhängigkeit von chemischen Bedingungen gefunden. Es ist keine Frage, dass er ebenso, wie er von diesen bedingt wird, gleichzeitig bedingend auf die Richtung der chemischen Zersetzungsvorgänge in den betreffenden Geweben einwirkt. Leider fehlt es in dieser Richtung ebenso wie in der oben angedeuteten noch gänzlich an brauchbaren Untersuchungen.

Doch sehen wir in den Muskeln, solange ihre Lebensbedingungen andauern, die Eiweissstoffe in ganz eigenthümlicher Art zerfallen, die sich dadurch charakterisirt, dass verhältnissmässig hochcomplicirte Stoffe durch primäre, chemische Spaltung entstehen, und theils als solche den Organismus verlassen: Harnstoff, Kreatinin, Harnsäure etc. theils nach Durchlaufung verschiedener noch immer complicirter Zwischenstufen der definitiven Oxydation zu Kohlensäure und Wasser verfallen.

Schneiden wir einen Muskel aus dem lebenden Organismus aus, so sehen wir eine Zeit lang seine normalen Zersetzungen, vor allem seine Kohlensäure- und Milchsäurebildung, noch fortbestehen, ebenso lange seine normalen Lebenseigenschaften. Endlich ist der Muskel todt, er zeigt keinen elektrischen Strom mehr. Nun nimmt die Zersetzung derselben Muskelsubstanz mit einem Male eine veränderte Richtung. Es treten an Statt jener complicirten Spaltungsproducte die einfach zusammengesetzten Fäulnissstoffe auf. Der Muskel fault. Es ist in dem todten Muskel wie es scheint Nichts verändert, nur sein elektrischer Strom fehlt. Dieser Mangel muss es sein, der die Richtung der Zersetzungen verändert, der an Stelle der Spaltungsvorgänge den Fäulnissprocess treten lässt.'

Vierundzwanzigstes Capitel.

Medicinisch-elektrische Apparate und Versuche.

Constante elektrische Ketten.

Physiologischer Wirkungen ist nur die bewegte in Form eines elektrischen Stromes auftretende Elektricität fähig, die ruhende, statische Elektricität ist als solche vollkommen wirkungslos.

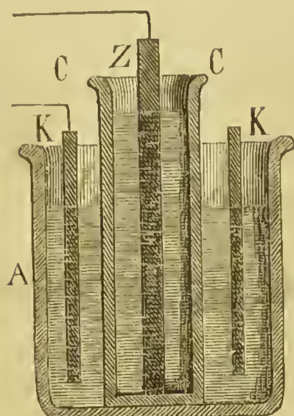
Durch die Einwirkung des elektrischen Stromes werden die Muskeln und Nerven entweder in ihren Lebenseigenschaften, *in ihrer Erregbarkeit modificirt* oder in den Zustand der Thätigkeit versetzt: *erregt*. Das erstere findet statt bei der andauernden Einwirkung constanter elektrischer Ströme, das zweite, wenn der auf das erregbare Organ einwirkende Strom eine plötzliche Veränderung seiner Stärke erfährt.

Als *constante Ketten* wendet man vorzugsweise drei an: die Daniell'sche, die Grove'sche und die Bunsen'sche.

In allen dreien findet sich als positives Metall Zink und zwar amalgamirt, um die elektrischen Ungleichartigkeiten seiner Oberfläche möglichst auszugleichen. Es steht in einem Diaphragma von gebranntem Thon in verdünnter Schwefelsäure (auf 1000 Cc. destillirten Wassers 25 Cc. der concentrirten Säure). Das Kupfer in den Daniell'schen Ketten steht in concentrirter Lösung vom schwefelsauerem Kupferoxyd, in die, um sie stets concentrirt zu erhalten einige Krystalle ungelösten Kupfervitriols geworfen werden. Schwefelsäure und Kupfervitriol stehen durch die Poren des Diaphragma in Berührung. In den Grove'schen Elementen steht an Stelle des Kupfers *Platin*, in den Bunsen'schen Kohle (Gaskoake), beide in concentrirter Salpetersäure. Das Zink in derselben Schwefelsäure wie bei den Daniell'schen Ketten. Da das Platin und die Kohle in der Volta'schen Spannungsreihe viel weiter von dem positiven Zink abstehen als das Kupfer, so ist die elektromotorische Kraft der Grove'schen und Bunsen'schen Ketten etwa 1,8 mal grösser als die der Daniell'schen (Fig. 157., 158.). Doch sind letztere sehr viel im Gebrauch. Sie sind nicht nur billiger im Ankauf als wenigstens die Grove'schen Ketten, sie sind auch im Gebrauche sehr viel angenehmer. Die Constanz der genannten Ketten beruht auf der raschen Entfernung der in ihnen durch die Elektrolyse gebildeten *Ionen* (Zersetzungsproducte mit elektrischer Spannung), indem sich diese an

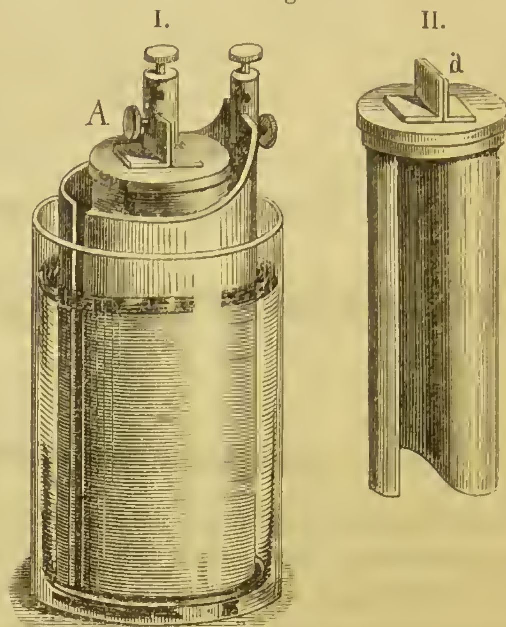
den Metallen in der Flüssigkeit entwickeln, werden sie dadurch unschädlich gemacht, dass ihnen Gelegenheit zur chemischen Verbindung gegeben wird.

Fig. 157.



Daniell'sches Element auf dem Durchschnitt. *A* Glasgefäss, in welchem in Kupfervitriollösung das cylindrisch gebogene Kupferblech *K* steht. *C* Diaphragma mit Schwefelsäure und Zinkcylinder *Z*.

Fig. 158.



Grove'sches Zink-Platin-Element. I. Das Element zusammengestellt. Im äusseren Glase steht das Zink in verdünnter Schwefelsäure, innerhalb des Zinkcylinders steht das Thondiaphragma, in welchem in concentrirter Salpetersäure das S-förmig gekrümmte Platinblech II. steckt. An letzterem ist ein Deckel, um die Dämpfe der rauchenden Salpetersäure im Diaphragma möglichst zurückzuhalten. *A*, *a* ist das Platin mit einer Klemmschraube versehen, eine gleiche befindet sich am Zink zur Aufnahme der Leitungsdrähte.

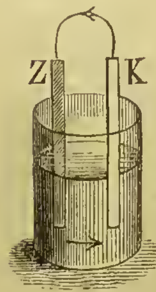
Der am Zink sich entwickelnde Sauerstoff der Zersetzung des Wassers entstammend, findet dort Gelegenheit, sich mit dem Zinke zu Zinkoxyd zu verbinden, das dann in der Schwefelsäure zu schwefelsauerem Zinkoxyde sich löst und so beständig fortgeschafft wird. Der aus dem negativen Metalle sich entwickelnde Sauerstoff findet bei der Daniell'schen Säule das schwefelsaure Kupferoxyd vor, das er im Status nascens, indem er sich mit dem Sauerstoff desselben zu Wasser verbindet, reducirt und metallisch auf den Kupfercylinder des Elementes niederschlägt. Bei den Grove'schen und Bunsen'schen Ketten wird durch den an dem Platin und der Kohle entstehenden Sauerstoff die Salpetersäure zu salpetriger Säure reducirt, welche sich als die Athemorgane heftig reizende Dämpfe entwickeln, die den Gebrauch derselben sehr unangenehm machen. Nach dem Gebrauche muss die Kette auseinander genommen und gereinigt werden. Zink und Kupfer werden trocken aufbewahrt, nachdem sie in Brunnenwasser gewaschen und ersteres rein gebürstet wurde. Es muss von Zeit zu Zeit neu (schwach) amalgamirt werden. Die Diaphragmen werden in reinem Wasser liegend aufgehoben.

Es kommt die Nothwendigkeit vor, den Strom in seiner Richtung zu kennen. Da man stets nur die positive Elektricität in dieser Beziehung verfolgt, so gilt für die Stromrichtung die einfache Regel, dass in all den drei genannten Elementen der Strom im Leitungsbogen, der die beiden Metalle ausserhalb der Flüssigkeit verbindet, dem Zinke zu geht (Fig. 159.). Sowohl Kupfer als Platin und Kohle besitzen also den positiven Pol, die Anode,

während der Zinkpol hier stets der negative Pol, die Kathode ist. In der Flüssigkeit des Elementes ist die Stromrichtung natürlich umgekehrt.

Die Elektrolyse des Iodkalium, das man in etwas Stärkekleister gelöst hat, bietet ein leicht zu handhabendes Mittel, die Stromrichtung direct zu bestimmen. Das am positiven Pole (Anode) sich ausscheidende Iod färbt dort die Stärke blau, sodass man diesen Pol durch die Färbung leicht bestimmen kann.

Fig. 159.



Zink *Z* und Kupfer *K* in verdünnter Schwefelsäure, die Pfeile geben die Stromrichtung an.

Auch inconstante Ketten werden hie und da, wo es zwar auf kräftige aber kurzdauernde Wirkungen ankommt, benützt. Bei ihnen findet keine Bindung der beiden Ionen statt. Es stehen die zwei Elektricitätserreger — Zink und Kohle — in der gleichen Flüssigkeit entweder Schwefelsäure oder Chromsäure.

Um die Wirkungen der galvanischen Ketten zu verstärken combinirt man mehrere entweder indem man alle positiven und alle negativen Pole der einfachen Ketten mit einander verbindet (durch Klemmschrauben oder Löthung) oder indem man abwechselnd je einen positiven und einen negativen Pol aneinanderbringt. In dem ersteren Falle bildet man aus allen positiven und negativen Metallen gleichsam eine grössere einfache Kette, es wird die elektrische Spannung von der einen Kette zur andern geleitet, an den freibleibenden Polen summirt sich die Elektricität aller einzelnen. Man wendet diese Methode vor allem dann an wenn die Widerstände in der Leitung ausserhalb des Elementes gering sind wie zum Beispiel bei der Galvanokaustik, wo sich nur metallische Leiter finden. Bei den thierisch-elektrischen Versuchen so wie bei der Anwendung der Elektricität auf den menschlichen Körper, der einen so grossen Leitungswiderstand bietet, ist die zweite Art der Combination allein vortheilhaft.

Elektrische Reizapparate.

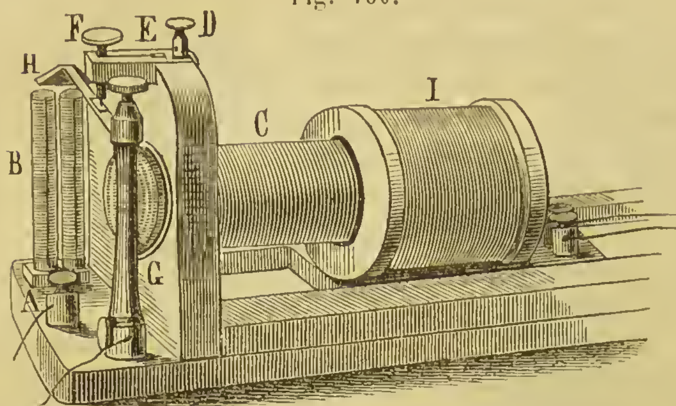
Zur Erregung der Muskeln und Nerven sind plötzliche Intensitätsschwankungen des einwirkenden elektrischen Stromes vonnöthen, da ein constanter Strom für gewöhnlich nicht erregend wirkt. Am einfachsten sind solche durch Oeffnen und Schliessen constanter Ströme zu erreichen. Man sieht dann jedesmal am Froschmuskel eine lebhafte Zuckung, bei starken Strömen fühlt man einen lebhaften Schmerz, während bei constantem Andauern des Stromes der Schmerz weniger intensiv ist und gewöhnlich keine Muskelcontractionen eintreten.

Es sind am besten zum Zwecke der Erregung Ströme anzuwenden, welche nicht constant sind, nur kurze Zeit dauern, während dieser Zeit aber zu einer bestimmten Höhe anwachsen und dann sogleich wieder abnehmen. Lässt man viele derartige Ströme durch Muskel oder Nerven gehen, so erhält man keine einzelne sondern eine dauernde Erregung: Tetanus.

Als solche kurzdauernde, stark erregend wirkende Ströme sind vor allem die Inductionsströme zu nennen. Die Inductionsapparate leisten Alles, was man in dieser Beziehung verlangen kann, wenn sie wie der Schlitten-

magnetelektromotor von du Bois-Reymond (Fig. 160.) gestatten, nach Belieben schwache und starke Ströme anzuwenden und diese mit grösserer oder geringerer Schnelligkeit sich folgen zu lassen. Der genannte Schlittenapparat verdient vor allen anderen ähnlichen Apparaten, da er die gewünschten Vortheile im höchsten Maasse besitzt, den Vorzug für die Anwendung zu physiologischen und therapeutischen Zwecken.

Fig. 160.



Schlittenmagnetelektromotor.

Bekanntlich werden in einer Drahtspirale der man plötzlich einen Magneten nähert oder plötzlich einen solchen von ihr entfernt elektrische Ströme inducirt.

Man kann nach der elektromagnetischen Theorie sich einen Stahlmagneten vorstellen als einen an sich unelektrischen Eisenkern, um den in bestimmter Richtung senkrecht auf seine Längsaxe ein elektrischer Strom kreist, den man sich um den Eisenkern mit Hülfe einer von Seide umsponnenen Drahtspirale geleitet denken kann. Man kann auf die eben angegebene Weise wirklich Magneten aus weichen Eisenkernen darstellen, deren Nord- oder Südpol darnach bestimmt wird, in welcher Richtung der Strom geht. Sieht man den Eisenstab von der einen Endfläche an und kreist der Strom um ihn in der Richtung des Zeigers einer Uhr, so ist dieses Ende der Südpol, hat der Strom die umgekehrte Richtung, so ist es ein Nordpol. Oeffnet man den Strom welcher den Cylinder umkreist, so hört dessen Magnetismus auf, er verhält sich wie ein anderer Eisenstab, wird aber wieder magnetisch, sobald man den Strom von neuem schliesst und bleibt es, solange der Strom geschlossen ist.

Nähern wir einen solchen künstlichen Magneten, dessen Stromrichtung wir kennen, einer Drahtspirale, so sehen wir in ihr plötzlich einen ebenso rasch wieder verschwindenden Inductionsstrom entstehen, der, wie man leicht am Multiplicator nachweisen kann, die entgegengesetzte Richtung von dem Strome des Magneten zeigt; bei der Wiederentfernung entsteht von neuem ein kurzdauernder Strom in der Spirale, welcher nun aber mit dem inducirenden Strom am künstlichen Magneten gleich gerichtet ist.

Um solche Inductionswirkung zu erhalten, ist es nicht nöthig den Eisenkern in der ihn umkreisenden, stromleitenden Drahtspirale zu lassen; diese selbst zeigt von einem Strom durchflossen auch für sich allein, wenn gleich in viel schwächerer Weise, magnetische Wirkungen qualitativ der gleichen Art, als wenn der Eisenkern noch in ihr befindlich wäre. Das eine Ende ist Nord- das andere Südpol wie vorhin.

Je stärker der Magnet, je stärker also auch der den weichen Eisenkern umkreisende Strom ist, desto stärker sind die inducirten Ströme, ebenso je

näher sich die Inductionsspirale, die man gewöhnlich die secundäre Spirale oder secundäre Rolle nennt, dem Magneten oder der ihn ersetzenden: primären Spirale, die primäre Rolle genannt befindet. Sind die Entfernungen beträchtlich so sind die Inductionsströme selbst mit dem empfindlichsten Multiplicator selbst mit dem physiologischen Rheoskope, dem Nervmuskelpräparate des Frosches nicht mehr nachweisbar. Die Anzahl der Windungen der secundären Rolle verstärkt die Inductionsströme, da jede Windung der primären Rolle inducirend auf jede Windung der secundären wirkt, sodass je mehr Windungen vorhanden sind, eine um so grössere Summe elektromotorischer Kräfte entwickelt wird. Man giebt daher der secundären Rolle, um möglichst starke Wirkungen zu erlangen, möglichst viele Windungen eines feinen Drahtes, während man die primäre Rolle nur aus wenigen Windungen eines dicken Drahtes herstellt, um durch einen möglichst geringen Widerstand in ihr, den durchgeleiteten elektrischen Strom möglichst wenig zu schwächen, da ja damit seine inducirende Wirkung abnehmen würde.

Um die Entfernung der Windungen beider Rollen möglichst gering machen zu können, macht man die secundäre Rolle weiter, sodass sie über die primäre geschoben, diese in sie hineingesteckt werden kann.

Wie die Windungen zweier Rollen so wirken auch die einzelnen Windungen derselben Rolle inducirend auf einander: es entstehen dadurch bei dem Schliessen und Oeffnen des Stromes noch sogenannte Extraströme, welche bei der Schliessung dem Hauptstrom entgegen, bei der Oeffnung ihm gleich gerichtet sind. Sie wirken natürlich verzögernd auf die Entstehung des Inductionsstromes. Unter den Bedingungen der gebräuchlichen Apparate kommt aber nur der Schliessungsextrastrom zur Wirkung; daher rührt es, dass der Schliessungsinductionsstrom stets dem Oeffnungsinductionsstrom, der keine verzögernde Wirkung erleidet, an Stärke und physiologischer Wirkung nachsteht.

Steckt in der primären Spirale ein weicher Eisenkern, so wird dieser magnetisch durch das Umleiten eines elektrischen Stromes, man kann daher durch das Einlegen eines solchen in die primäre Rolle die Inductionswirkung auf die secundäre steigern. Weit bedeutender aber ist diese Steigerung, wenn man statt eines einfachen Eisenkernes ein Bündel feiner von einander durch Firniss isolirter Eisenstäbchen einlegt. Der Grund davon liegt darin, dass bei Schliessen und Oeffnen auch in dem Eisenkerne ein Strom inducirt wird, welcher, da er dem primären Strom entgegengesetzt ist, inducirend auf die secundäre Spirale wirkt in entgegengesetztem Sinne wie die primäre Rolle. Dieser Uebelstand wird bei den Stäbchen vermieden.

Diese Inductionsströme haben schon einzeln an sich eine sehr bedeutende physiologische Wirkung. Um ihre Wirkung zu einer andauernden zu machen, ist es nur nöthig, den constanten Strom, der in der primären Rolle kreist, rasch hinter einander zu schliessen und zu öffnen. In der secundären Spirale entstehen dann ebenso oft die rasch verschwindenden inducirten Ströme und zwar in abwechselnder Richtung. Indem mit dem Schluss des Stromes die primäre Rolle mit dem eingelegten Eisenkern oder dem Drahtbündel plötzlich zum Magneten wird, wirkt dieser ebenso als würde der secundären Rolle plötzlich aus unendlicher Entfernung ein Magnet genähert, bei dem Oeffnen

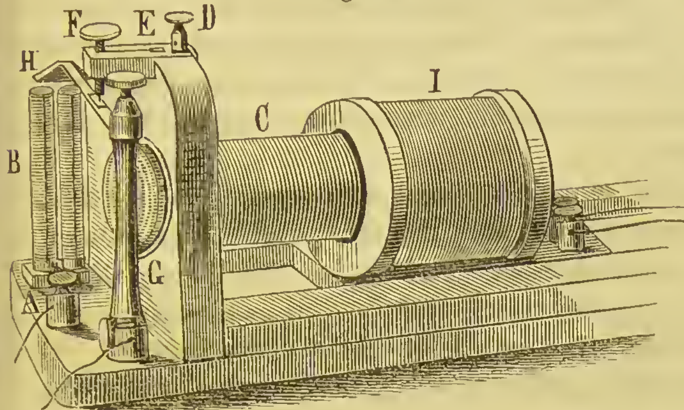
wird der Magnet, da der Magnetismus damit verschwindet, plötzlich in unendliche Entfernung entrückt.

Das möglichst oftmalige Schliessen und Oeffnen des Stromes kann man zweckmässig durch den Strom selbst besorgen lassen, indem man in den Strom einen selbstthätigen elektromagnetischen Hammer *B H* einschaltet, der durch seine Thätigkeit den durch ihn geleiteten, ihn in Bewegung setzenden Strom mit grosser Geschwindigkeit öffnet und schliesst.

Nach diesen Vorbesprechungen ist der du Bois-Reymond'sche Schlittenmagnetelektromotor oder Schlittenapparat (Fig. 161.) leicht zu verstehen. Wir haben an ihm eine primäre *C* und secundäre Rolle *I*, die in einem Falze, in welchem die secundäre Rolle schlittenartig sich verschieben lässt, leicht von einander beliebig entfernt, selbst soweit dass keine Induction mehr erfolgt, oder im Gegentheile ganz übereinander geschoben werden können. Schon dadurch ist es möglich, die Intensität der Inductionsströme beliebig zu verringern und zu vergrössern, die grössere oder geringere Annäherung der Rollen gestattet eine sehr zarte Abstufung der Stromstärken. Diese können noch durch Einlegen oder Herausnehmen des Drahtbündels in der primären Spirale in anderer Weise regulirt werden. Die Raschheit des Oeffnens und Schliessens des inducirenden elektrischen Stromes, zu dessen Erzeugung für physiologische und ärztliche Zwecke, gewöhnlich vollkommen ein einziges mittelgrosses Daniell'-sches Element ausreicht, (nur unter besonderen Fällen bedarf man eines Grove'schen oder Bunsen'schen Elementes), kann durch feines Verschrauben eines über dem elektrisch bewegten Hämmerchen angebrachten Schräubchens *F* bewirkt werden; durch tieferes Einschrauben desselben wird die Entfernung des Hämmerchens von seinen als Ambos dienenden Elektromagneten verringert, damit auch seine Schwingungsdauer und die Zeit der Oeffnung und Schliessung. Das beschriebene Schräubchen, das in eine feine Spitze ausläuft, leitet dem Hämmerchen den bewegenden elektrischen Strom zu, man sieht zwischen ihm und dem letzteren, wenn der Apparat spielt, Funken überspringen, welche das Metall des Hämmerchens oxydiren. Um letzteres möglichst zu verhüten, ist ein Platinblättchen unter der Schraubenspitze auf den Hammer gelöthet, das, trotzdem dass Platin sehr schwer oxydirbar ist, manchmal geputzt werden muss, um die metallische Berührung und damit den Gang des Apparates fortdauern zu lassen. Der Strom wird dem Apparat durch zwei Klemmschrauben *A* und *G* zugeleitet, von denen sich die eine am Fusse des den Hammer tragenden Säulchens, das andere unten neben diesem befindet. Jede ist gewöhnlich mit einem Buchstaben: *K* oder *Z* bezeichnet, zur Andeutung dass die eine für Aufnahme des Zink- die andere für die des Kupferpoles bestimmt ist. Die gleichbleibende Wahl der einen oder anderen Klemmschraube für Zink oder Kupfer hat vor allem den Zweck, die Stromrichtungen in dem Magnetelektromotor gleichmässig zu halten. Die inducirten Ströme in der secundären Spirale wechseln, wie wir gesehen haben, beständig in ihrer Richtung. Der Oeffnungsstrom verläuft aber viel schneller als der Schliessungsstrom, er wirkt daher auch so weit energischer als dieser, sodass praktisch nur seine Richtung in Betracht kommt. Die Versuche ergeben nun, dass die Reizung durch Inductionsströme an der negativen Elektrode (an welcher der Strom den Körper wieder verlässt) weit stärker ist als an der

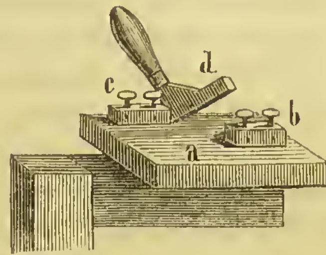
positiven, (an welcher der Strom eintritt). Man thut daher gut die reizende Elektrode (für die Muskeln die kleinere, für die Hautnerven den Pinsel) mit der Klemmschraube der secundären Spirale zu verbinden, welche für den

Fig. 161.



Schlittenmagnetelektromotor. *C* primäre *I* secundäre Inductionsrolle, *B H* Elektromagnetisches Unterbrechungshämmerchen mit der Stellschraube *F* Klemmschrauben zur Zuleitung des constanten Stromes (1 Daniell) an *I* unten die Klemmschrauben zum Ableiten der Inductionsströme, Verbindung mit den reizenden Elektroden.

Fig. 162.



Schlüssel zum Tetanisiren. *a*. Platte von Hartkautschuk auf der Holzschraube befestigt, *b*, *c* Messingklötze mit je zwei Klemmschrauben zum Aufnehmen von Drähten *d*. Messinghebel mit Handhabe mit *c* durch ein Messinggelenk leitend verbunden.

Oeffnungsinductionsstrom die negative Elektrode ist. Dazu muss, am leichtesten mittelst der Iodkalium-Elektrolyse, die Stromrichtung des Oeffnungsinductionsstromes am fertigen Magnetelektromotor bestimmt werden. In die Klemmen der secundären Spirale schraubt man zwei Platindrähte ein und legt diese nahe neben einander auf ein mit dünnem Iodkalium-haltigen Stärkekleister befeuchtetes Fliesspapier. Den primären Strom hat man vorher geschlossen und die Feder am Hämmerchen unbeweglich festgestellt. Nun öffnet man den primären Strom: am positiven Pole entsteht durch das ausgeschiedene Iod ein blauschwarzes Fleckchen. Man bezeichnet sich dann die Klemmschrauben der secundären Spirale mit + und — und leitet den primären Strom stets durch dieselben Klemmen am Hämmerchen zu. An die mit — bezeichnete Klemmschraube der Inductionsspirale kommt die Reizelektrode. An der secundären Spirale finden sich ebenfalls zwei Klemmschrauben, welche zur Aufnahme der als Elektroden dienenden Drähte dienen (Fig. 161.). Gemeiniglich leitet man diese letzteren zuerst zu einem sogenannten Schlüssel. Am zweckmässigsten ist dazu du Bois-Reymond's Schlüssel zum Tetanisiren, der auf eine Holzschraube befestigt wird, um ihn beliebig an einen Tisch anzuschrauben. Der Schlüssel selbst besteht aus zwei isolirt auf gehärtetem Kautschuk *a* befestigten Messingklötzchen *c* und *b*; an einem ist ein Messinghebel *d* mit einer beinernen, also isolirenden, Handhabe versehen angebracht (Fig. 162.). Drückt man ihn an seiner Handhabe nieder, so legt er sich an den anderen Klotz an und setzt ihn in gut leitende Verbindung mit dem ersten. Jeder der beiden Klötze hat zwei Durchbohrungen, in welche man durch Schrauben Drähte einklemmen kann. Leitet man nun die zwei Drähte der secundären Spirale in je einen solchen Klotz und von jedem Klotze weg erst je eine der zur Reizung zu verwendenden Elektroden und schliesst den Schlüssel durch Niederdrücken des Hebels, so bildet dieser Hebel eine gutleitende

Brücke zwischen den offen gedachten oder an einen Körper mit starkem elektrischen Widerstand z. B. einen Nerven angelegten Elektroden. Die Inductionsströme nehmen unter diesen Umständen ganz diesen leichteren Weg, sodass bei geschlossenem Schlüssel keine Wirkung eintritt. Erst wenn er geöffnet ist, brechen die Inductionsströme in die Elektroden herein und bedingen betreffenden Falles die geforderte Erregung. Schlittenapparate zu therapeutischen Zwecken sind meist in einen Kasten eingeschlossen; es finden sich gewöhnlich auch schon eigene Schlüsselvorrichtungen an ihnen angebracht, die die ebengenannte unnöthig machen.

Zu therapeutischen Zwecken wurden früher fast ausschliesslich Inductionsapparate nicht mit Elektromagneten wie der beschriebene du Bois-Reymond'sche Schlitten sondern mit Stahlmagneten benützt. Sie haben den Vortheil, dass sie stets sogleich zum Gebrauche fertig sind, ohne dass erst ein galvanisches Element hergerichtet und angeschraubt werden müsste. Doch wird dieser Vortheil wohl reichlich schon durch den Nachtheil aufgewogen, dass der Apparat, wie aus dem Folgenden erhellen wird, stets zu seiner Bedienung einen Gehülfen zum Drehen der Kurbel bedarf. Dazu kommt noch dass die Stromschwächung und Verstärkung weit weniger leicht und in geringeren Grenzen möglich ist als bei den ebenbeschriebenen Apparaten. Doch werden sie noch jetzt vielfältig benützt in der Einrichtung, die ihnen Saxton gegeben hat, nach welchem die betreffenden Instrumente Saxton'sche Maschinen heissen, sie werden auch als magneto-elektrische Rotationsapparate benannt.

Die Induction geschieht in ihnen durch einen starken Hufeisenmagneten, vor welchem zwei Cylinder aus weichem Eisen, die sogenannten Kerne, auf einer Platte von weichem Eisen festgeschraubt, durch eine Kurbel in schnelle Rotation versetzt werden können. Ueber jeden der beschriebenen Eisencylinder ist eine Inductionsrolle geschoben. Dadurch dass man nun mittelst der Kurbel die weiche Eisenplatte und mit ihr die Inductionsrollen mit ihren Kernen rasch an den Polen des Magneten vorüberdreht, die Rollen ihm rasch nähert und wieder von ihm entfernt, werden in beiden Rollen Ströme inducirt, welche selbstverständlich in beiden Rollen stets verschiedene Richtungen besitzen und auch in jeder Rolle, je nachdem sie einem der Magnetpole genähert und entfernt wird, in der Richtung wechseln müssen. Stöhrer hat eine Vorrichtung an seinen derartigen Apparaten ersonnen und angebracht, mit Hülfe deren trotz dieses beständigen Wechsels, bei dem die eine Rolle stets in der entgegengesetzten Richtung als die andere von inducirten Strömen durchflossen ist, die Richtung der Ströme in dem zwischen den Elektroden eingeschalteten Körper oder Körpertheil stets dieselbe bleibt. Diese Vorrichtung, die den Namen Commutator trägt, hat folgende Einrichtung. Auf der Axe, um welche sich die Inductionsspiralen drehen, sind zwei leistenförmige Erhebungen, Kämme angebracht, von denen je zwei neben einander stehende mit einander leitend verbunden, während sie von den beiden andern isolirt sind. Mit jedem dieser Kammpaare ist eine Inductionsspirale in leitender Verbindung. Die Kämme sind etwas mehr als halbkreisförmig und abwechselnd gestellt, sodass sie mit ihren Enden etwas über einander greifen. Zwei metallische Federn, welche vorne gespalten sind, schleifen so auf den

Kämmen, von denen stets zwei von einander isolirte neben einander stehen, dass je einmal die eine Federzinke auf dem einen eine halbe Axenumdrehung lang, dann die andere ebensolang auf dem anderen schleift; sodass während der einen halben Umdrehung beide Federn mit der einen, während der darauf folgenden zweiten mit der anderen Inductionsspirale in leitender Verbindung stehen. Die Kämme sind nun so gestellt, dass diese Umkehr der Verbindung dann stattfindet, wenn die Inductionsspiralen gerade vor den Polen des Magneten vorbeigehen, und so bleibt die Stromrichtung in der an den Rollen angebrachten Leitung stets dieselbe. Dadurch, dass die Kämme etwas mehr als halbkreisförmig sind, giebt es eine Zeit in welcher beide Federzinken gleichzeitig auf beiden Kämmen schleifen, sie also untereinander und damit die Inductionsspiralen leitend verbinden, schliessen. Durch das plötzliche Unterbrechen dieser Schliessung entsteht ein starker Extrastrom in den Rollen, dem die besprochenen Apparate ihre hauptsächliche physiologische Wirkung verdanken, da trotz des raschen Drehens der Rollen doch durch das verhältnissmässig langsame Ab- und Zubewegen derselben zum Magneten, welches hinter der Raschheit des Entstehens und Vergehens des Magnetismus in dem künstlichen Magnete des Schlittenapparates, das momentan vor sich geht, weit zurückbleibt, die erzeugten Ströme allmählich an- und abschwellen also die Fähigkeit zur Erregung an sich nur in geringerem Maasse besitzen.

Die Stärke einer SAXTON'schen Maschine hängt von der Stärke ihres Magneten, der Windungsanzahl ihrer Rollen und natürlich auch von der Geschwindigkeit des Drehens ab. Man kann die Stärke also durch Schwächung des Magneten reguliren, welche man durch Anlegung eines Eisenankers, je näher den Polen desto eingreifender, erreichen kann. Gewöhnlich ist auch noch eine Schraubenvorrichtung angebracht, welche es erlaubt, die Inductionsrollen mehr oder weniger von den Magnetpolen abzurücken wodurch selbstverständlich die Wirkung auch herabgesetzt werden muss.

Physiologische und therapeutische Elektroden.

Die Ströme der beiden genannten Instrumente werden den physiologischen Präparaten — also vor allem den Nerven und Muskeln — durch sogenannte Elektroden: Elektricitätswege zugeleitet.

Diese Elektroden sind gewöhnlich nur zwei einfache Drähte, mit denen man die zu reizenden Organe metallisch berührt. Man kann diese Drähte mit der Hand während der Reizung halten. Natürlich müssen sie dazu an der Stelle, wo man sie berührt, mit einer isolirenden Schicht überzogen sein. Die Isolation wird durch Ueberziehen von Glas- oder Kautschukröhrchen über die Drähte erzielt. Auch Handgriffe von Bein in bequemer Form isoliren genügend.

Wo es darauf ankommt, mit möglichst elektrisch-gleichartigen Elektroden zu reizen, verwendet man Platindrähte oder dünne und schmale Platinbleche, denen man eine beliebige oder schaufelförmige Gestalt giebt. Man pflegt sie definitiv auf ein Stativ zu befestigen, an welchem sie von einander gewöhnlich durch Bein isolirt verlaufen. Entsprechend angebrachte Klemmschrauben ge-

statten übersponnene Drähte zur Verbindung der Reizapparate mit den Elektroden von beliebiger Länge einzuschrauben.

Auch amalgamirte Zinkdrähte zeichnen sich durch Gleichartigkeit aus und werden häufig zu elektrischen Versuchen verwendet.

Kommt es bei Reizversuchen darauf an, die Polarisation vollkommen zu vermeiden, so kann man die schon beschriebenen du Bois-Reymond'schen unpolarisirbaren Elektroden in einer modificirten Form verwenden. Sie bestehen dann aus Glasröhrchen, deren eines offenes Ende mit feuchtem plastischem Thon, getränkt mit 1 pCt. Kochsalzlösung, verschlossen ist, den man als Spitze, der mit der Hand jede beliebige Form gegeben werden kann, vorstehen lässt. Diese Thonspitzen werden an die zu reizenden Nerven oder Muskeln direct angelegt. Das Röhrchen ist mit concentrirter Zinkvitriollösung gefüllt, in welche ein amalgamirtes Zinkblech getaucht ist, das bis gegen den Thonboden des Röhrchens herabreicht. An das Zinkblech ist der Leitungsdraht, der die Elektroden mit dem elektrischen Apparat verbindet, angelöthet.

Die Elektroden für therapeutische Zwecke haben eine wesentlich von den eben beschriebenen verschiedene Gestalt. Sie haben den Zweck elektrische Reizung durch die trockene Oberhaut des menschlichen Körpers hindurch zu vermitteln, welche für sich die elektrischen Ströme nicht leitet wie alle hornähnlichen Materien, die ja als Isolatoren benützt werden können. Die Schweisscanälchen, welche die Epidermis durchsetzen, sind dagegen feucht, sie leiten die Elektricität, welche also wenn sie auf die trockene Haut angewendet wird, allein diese Wege in die Tiefe nimmt. Sie erreicht dadurch, da sie sich durch so feine Oeffnungen gleichsam hindurchzwängen muss, in diesen eine sehr bedeutende Intensität, die eine heftige Reizung der direct betroffenen Hautnerven hervorbringt. Die Gesammtintensität der Ströme wird durch diese feine Vertheilung in Stromfäden und den enormen Hautwiderstand so bedeutend geschwächt, dass sie kaum zur Reizung der unter der Haut liegenden Muskeln und Nerven ausreichen, die überdiess durch die Erregung der Hautnerven sehr schmerzhaft wird. Dagegen kann in manchen Fällen die Schmerzerregung therapeutischer Zweck sein. Die Elektroden, wenigstens die eine, muss dann stets auf die trockene Hautstelle, die gereizt werden soll angelegt werden. Man giebt gern der Elektrode, mit der man eine Hautstelle reizen will, die Gestalt eines Pinsels aus Drahtfäden, mit dem man die Haut bestreicht, welche dadurch leicht sehr heftig erregt werden kann (Fig. 163.).

Fig. 163.



Therapeutische Elektroden.

Kommt es dagegen darauf an die unter der Haut liegenden Organe zu erregen, so muss der Widerstand der Epidermis möglichst geschwächt werden. Man erreicht dieses durch Befeuchten derselben mit Wasser oder Kochsalzlösung. Setzt man auf eine solche künstlich für Elektricität durchgängig gemachte Hautstelle die Elektroden auf, so fliesst der Strom breit, zusammenhängend durch die Haut, erregt die Hautnerven selbst weniger, dagegen kräftiger die unterliegenden Muskeln und Nerven. Die Elektroden werden dazu ziemlich nahe an einander aufgesetzt, um die Intensität des Stromes an einer bestimmten Stelle, die gereizt werden soll, möglichst gross werden zu lassen. Will man den Muskel oder Muskelnerven reizen, so ist die eine Elektrode eine breite feuchte Platte, welche man auf die gut durchfeuchtete Haut nahe dem zu erregenden Muskel oder auf ihn selbst aufdrückt. Die reizende Elektrode ist klein feucht auf die wohldurchfeuchtete Haut aufzudrücken über dem zu reizenden Muskel oder einem Nerven. Bei der Hautreizung dagegen werden die Elektroden möglichst weit von einander, aus dem entgegengesetzten Grunde, angelegt. Die eine Elektrode (feuchte Platte) muss dabei auch feucht angelegt werden, um möglichst wenig Schmerz zu erregen, während man mit der anderen (Pinsel oder trockene Platte) die zu reizende Hautstelle bestreicht.

Duchenne räth bei Faradisirung der Muskeln sich des in der primären Rolle erzeugten Extrastromes zu bedienen, zu welchem Zwecke auch an diesen Klemmschrauben für die Drähte der Elektroden angbracht sind (Fig. 161. D.), für die Hautreizung aber den secundären Strom. Es hat dieses nur Sinn, wenn die secundäre Rolle sehr viele Windungen hat, sodass ihr Widerstand sehr bedeutend ist, was bei den du Bois'schen Schlittenapparaten wegfällt.

Die feuchte Anlegung der Elektroden erreicht man am besten so, dass man einen Metallknopf der als Elektrode dient, mit Leder oder Schwamm überzieht, das man beliebig anfeuchten kann.

Stets hat der Arzt bei Anwendung der genannten unterbrochenen elektrischen Ströme entweder motorische Nerven und Muskeln oder sensible Nerven zu erregen. Duchenne's Verdienst war es die Methoden dazu zuerst angegeben zu haben, vor allem hat aber Ziemssen zur genauen Erkenntniss der wissenschaftlichen Principien der Faradisation localisée beigetragen.

Um die Localisirungsmöglichkeit der elektrischen Wirkungen auf einen bestimmten Ort (Muskel, Nerve) zu verstehen, müssen wir uns die Stromvertheilung klar machen, wie sie bei Anlegung der Elektroden an den menschlichen Körper eintritt.

Berührt man z. B. mit den beiden Elektroden der secundären Spirale des Magnetelektromotors an zwei Stellen die Körperoberfläche, so treten die Ströme durch die Haut in den Körper ein und nehmen von einer Elektrode zur andern den Weg durch den Körper hindurch. Hiebei wählt der elektrische Strom nicht nur den kürzesten Weg, sondern er vertheilt sich in Stromcurven (Stromfäden) durch den ganzen Körper, die von dem einen Pole ausgehend zu dem andern wieder zurücklaufen. Mit der grösseren Verbreitung des elektrischen Stromes über grössere Körperstrecken nimmt natürlich seine Dichtigkeit entsprechend ab, diese ist am grössten in der unmittelbaren Nähe der Pole, wo die ganze Elektricitätsmenge auf möglichst engen Raum zusammengedrängt

ist. Ausserdem ist auf der directen, geraden Verbindungslinie der Elektroden die Stärke der Ströme am bedeutendsten.

Die physiologische Wirkung wird sich danach modificiren. Sie wird am stärksten an den Elektroden und in deren gerader Verbindungslinie sein, ausserhalb der letzteren aber rasch mehr und mehr abnehmen. Schwache Ströme werden also zuerst an den Elektroden selbst reizend wirken, bei weiterer Verstärkung werden dann die organischen Gebilde gereizt werden, welche direct zwischen den Elektroden liegen, erst bei übermässiger Verstärkung auch die ausserhalb dieser Verbindungslinie befindlichen. Man hat sich früher nach älteren Angaben die Leitung der Elektricität im Körper falsch vorgestellt, insofern man nach Eckhard's Angaben, die nur für den todten Muskel Geltung besitzen, glaubte, dass auch im lebenden Körper die Nerven etwa nur halb so gut die Elektricität leiteten als die Muskeln. Nach meinen Versuchen ist das Leitungsvermögen beider Organe nicht verschieden. Es bedarf also keiner weiteren Massregeln um der Elektricität den Weg durch die Muskeln zu erschweren. Die Wirkung des Eindrückens der Elektroden ist nur die, dass dadurch der Pol, der Punct wo die Stromstärke am bedeutendsten, dem zu reizenden Nerven möglichst genähert wird.

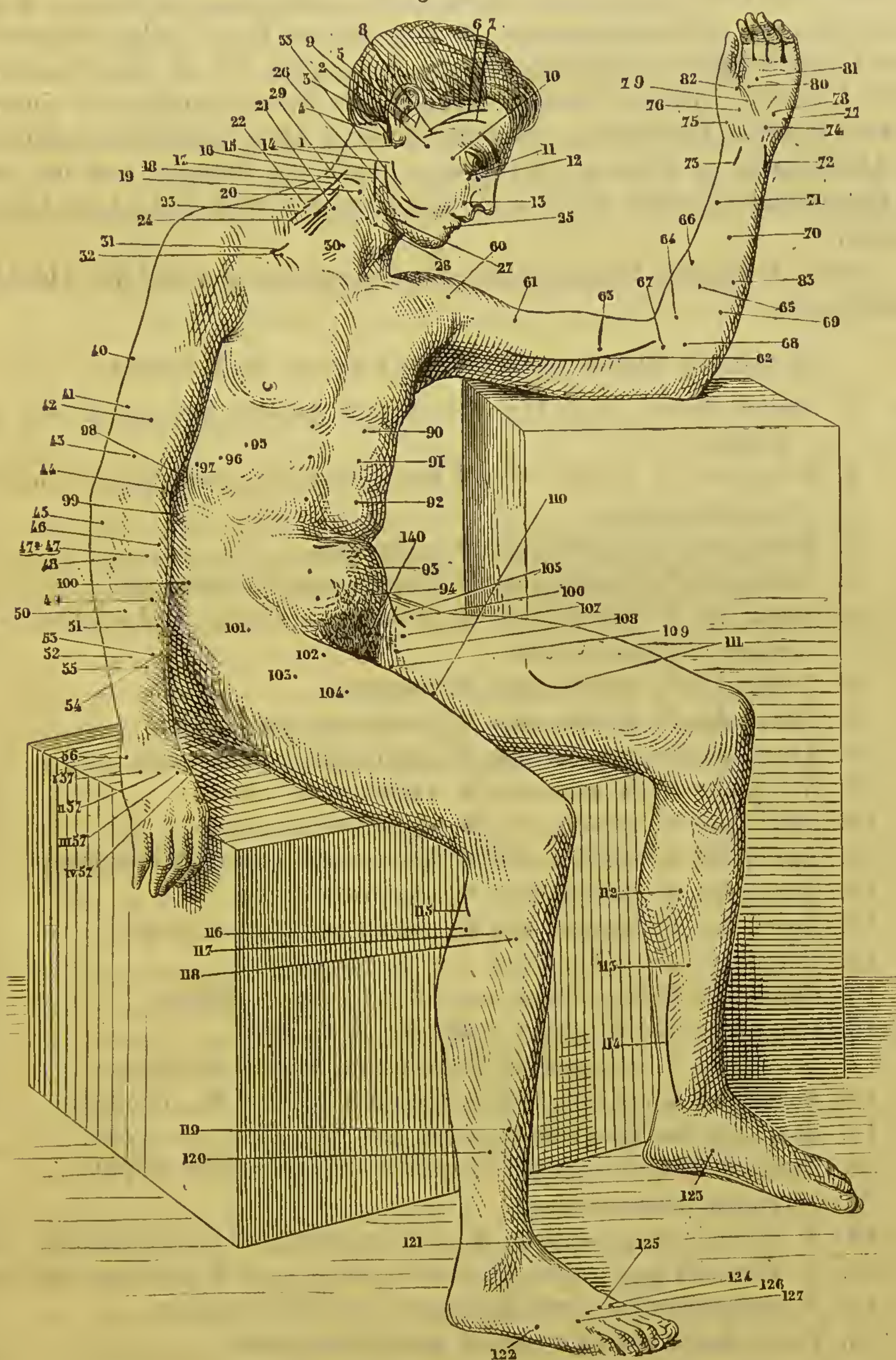
Aus diesen Gesichtspuncten lassen sich die bei der Besprechung der Elektroden gegebenen Regeln einfach verstehen und für den betreffenden Fall modificiren.

Es ist oben erwähnt worden, dass man den Muskel am besten von seinem Nerven aus zur Zusammenziehung bringt. Duchenne hatte schon gefunden, dass man von bestimmten Puncten der Hautoberfläche aus die Muskeln, wenn man dort die reizende Elektrode aufsetze, am besten und vollständigsten zur Zusammenziehung bewegen könne. Er nannte diese Stellen: »Puncte der Wahl«. Remak wählte dafür den bezeichnenden Ausdruck: motorische Puncte und sprach zuerst aus, dass diese Stellen den unter der Haut liegenden Eintrittspuncten der Nerven in die Muskeln entsprächen. Indess ist es das grosse Verdienst Ziemssen's die bis dahin bekannten motorischen Puncte überall als die Eintrittsstellen der Nerven in die Muskeln anatomisch erwiesen und die Physiologie und Therapie mit der Kenntniss einer grossen Anzahl neuentdeckter motorischer Puncte bereichert zu haben.

Für die Anwendung der constanten Ketten kommen ganz dieselben Regeln zur Geltung wie für die Inductionsströme. Stets wird man im Auge haben müssen, dass am Orte, an dem die Wirkung eingeleitet werden soll, die Dichtigkeit des Stromes möglichst bedeutend sei. Auch hier gelten die Gesichtspuncte für Anlegung der Elektroden (man verwendet ganz die gleichen wie für die Inductionsströme), wie wir sie oben besprochen haben. Gilt die Einwirkung den tieferen Gebilden unter der Haut, wie es wohl meist der Fall sein wird, so hat man sich wie dort auch feuchter Elektroden zu bedienen. Will man im Allgemeinen auf tiefere Theile wirken, so bedient man sich zweier feuchter, grosser Elektroden; will man eine Wirkungan einer bestimmten Stelle, so wird man die eine Elektrode klein sein lassen, um auf die zu elektrisirende Stelle aufgesetzt, hier eine möglichst bedeutende Stromstärke zu bewirken.

Für Erregung der Nerven im Gesichte liegt die breite, feuchte Elektrode auf dem Rücken. Man bedient sich hier wie bei den Sinnesnerven nur sehr schwacher Ströme!! Um das Auge (Retina) zu elektrisiren, setzt man die eine (kleine) Elektrode auf den inneren Augenwinkel, die grosse auf die Schläfe. Zur Erregung des Gehörnerven füllt man das Ohr mit lauem Wasser

Fig. 164.



Motorische Puncte nach Ziemssen.

und bringt einen Draht hinein, die breite Elektrode liegt wie oben auf der Schläfe. Da die Knochen die Elektricität auch leiten, so kann man mit entsprechenden Stromstärken auch den Centralorganen des Nervensystemes (Rückenmark und Gehirn) elektrische Ströme zuleiten.

In der umstehenden Fig. 164. sind nach Ziemssen eine Reihe motorischer Puncte für die Anlegung der Elektroden bezeichnet. Die Abbildung ist nach einer bewunderungswürdigen Photographie eines 26jährigen Mannes angefertigt, an welchem Ziemssen die motorischen Puncte aller erreichbaren Muskeln des Körpers festgestellt und mit Höllenstein auf die Haut bezeichnet hatte. Dadurch wurde es Ziemssen möglich, die Reizungsstellen der einzelnen Muskeln in ihrem Verhalten zu einander und zur Körperoberfläche naturgetreu zur Anschauung zu bringen. Die hintere Fläche des Rumpfes und der unteren Extremitäten konnte bei dieser Darstellung natürlich nicht berücksichtigt werden.

In der folgenden Tabelle entsprechen die Zahlen den auf der Abbildung verzeichneten.

Tabelle der motorischen Puncte nach Ziemssen.

Nro. 1. Stamm des N. facialis nach seinem Austritt aus dem Foram. stylomast.
,, 2. Zweig des N. facialis zu den Mm. retrahentes und attollens auriculae (hintere Portion).
,, 3. Zweig des N. facialis zum M. occipitalis.
,, 4. Zweig des N. facialis zum M. tragicus und antitragicus.
,, 5. Zweig des N. facialis zum M. attrahens auriculae und attollens auriculae (vordere Portion).
,, 6. Zweig des N. facialis zum M. frontalis.
,, 7. Zweig des N. facialis zum M. corrugator supercilii.
,, 8. Zweig des N. facialis zum M. orbicularis palpebrarum.
,, 9. Zweig des N. facialis zum M. zygomaticus major.
,, 10. Zweig des N. facialis zum M. zygomaticus minor.
,, 11. Zweig des N. facialis zum M. levator lab. super. et alae nasi.
,, 12. Zweig des N. facialis zum M. compressor nasi.
,, 13. Zweig des N. facialis zum M. levator lab. super. propr.
,, 14. Hauptäste (Rami buccales) des N. facialis.
,, 15. Hauptäste (Rami subcut. maxill. inf.) des N. facialis.
,, 16. Hauptäste (Rami subcut. colli) des N. facialis.
,, 17. Zweig des N. accessorius Willisii zum M. sternocleidomast.
,, 18. Aeusserer Ast des N. accessorius Willisii zum M. cucullaris.
,, 19. Aeste für das Platysma myoides aus dem Plex. cervicalis.
,, 20. Zweig des Plexus cervicalis zum M. levator anguli scapulae.
,, 21. Nervus phrenicus.
,, 22. N. dorsalis scapulae zum M. rhomboideus und serratus postic. sup.
,, 23. N. thoracici posteriores (N. thorac. long) zum M. serratus magnus.
,, 24. N. suprascapularis zum M. supra- und infraspinatus.
,, 25. Zweig des N. facialis zum M. quadratus menti.
,, 26. Zweig des N. facialis zum M. triangularis menti.

Nro. 27. N. hypoglossus.
,, 28. Zweig der Ansa N. hypoglossi zum M. omohyoideus.
,, 29. Zweig der Ansa N. hypoglossi zum M. sternothyreoideus.
,, 30. Zweig der Ansa N. hypoglossi zum M. sternohyoideus.
,, 31. Vorderes äusseres Bündel des Plex. brachialis aus welchem der N. musculocutan. und ein Theil des N. medianus entspringen.
,, 32. N. thoracici anteriores zu den Mm. pectorales.
,, 33. Zweig des N. facialis zum M. quadratus menti.
,, 40. Zweig des N. radialis zum Caput extern. M. tricipitis.
,, 41. N. radialis.
,, 42. Wandelbarer Ast des N. radialis zum M. brachialis internus.
,, 43. Nerveneintrittsstelle (vom Muskel bedeckt) zum M. supinator longus.
,, 44. Nerveneintrittsstelle (vom Muskel bedeckt) zum M. radialis externus long.
,, 45. Aestchen des N. radialis zum M. anconaeus quartus.
,, 46. Nerveneintrittsstelle zum M. radialis externus brevis.
,, 47. }
,, 47. a } Aeste des N. radialis zum M. extensor digitor. communis.
,, 48. Nerveneintrittsstelle zum M. ulnaris externus.
,, 49. Gemeinsame Reizungsstelle für den M. abductor pollicis longus und extensor digiti indicis proprius.
,, 50. Motorischer Punct für den M. extensor digiti minimi proprius.
,, 51. Motorischer Punct für den M. abductor pollicis longus.
,, 52. Motorischer Punct für den M. extensor indicis proprius.
,, 53. Gemeinsamer motorischer Punct für die Mm. extensores pollicis longus und brevis.
,, 54. Motorischer Punct für den M. extensor pollicis brevis.
,, 55. Motorischer Punct für den M. extensor pollicis longus.
,, 56. Motorischer Punct für den M. abductor digiti minimi.
,, 57. I. }
,, 57. II. }
,, 57. III. } Motorische Puncte für die Mm. interossei externi.
,, 57. IV. }
,, 60. Zweig der Nn. thoracici ant. zum M. deltoideus.
,, 61. Nervus musculocutaneus.
,, 62. N. medianus.
,, 63. Reizungsstelle des Zweiges vom N. musculocutaneus zum M. brachialis int.
,, 64. Zweig des N. medianus zum M. pronator teres (äusserer).
,, 65. }
,, 66. } Motorische Puncte für den M. flexor digitor. sublimis.
,, 67. Zweig des N. medianus zum M. pronator teres (innerer).
,, 68. Motorischer Punct für den M. radialis internus.
,, 69. Motorischer Punct für den M. palmaris longus.
,, 70. Motorischer Punct für den M. flexor digitorum sublimis.
,, 71. Motorischer Punct für den M. flexor pollicis longus.
,, 72. Nervus ulnaris nach Abgabe seines Dorsalastes.

Nro. 73. Nervus medianus.
,, 74. Reizungsstelle des Ram. volaris prof. N. ulnaris.
,, 75. Motorischer Punct für den M. abductor pollicis brevis.
,, 76. Motorischer Punct für den M. opponens pollicis.
,, 77. Motorischer Punct für den M. abductor digiti minimi.
,, 78. Motorischer Punct für den M. flexor digiti minimi.
,, 79. Motorischer Punct für den M. flexor pollicis brevis.
,, 80. Reizungsstelle des Ulnarzweiges zum M. adductor pollicis.
,, 81. Reizungsstelle des Medianzweiges zum M. lumbricalis II.
,, 82. Reizungsstelle des Medianzweiges zum M. lumbricalis I.
,, 83. Motorischer Punct des M. flexor digitor. commun. profundus.
,, 84. Motorischer Punct des M. ulnaris internus.
,, 90.
,, 91.
,, 92. } Motorische Puncte der Bäuche des M. rectus abdominis.
,, 93.
,, 94.
,, 95.
,, 96. } Motorische Puncte des M. obliquus abdominis externus.
,, 97.
,, 98.
,, 99. Motorischer Punct des M. transversus abdominis.
,, 100. Motorischer Punct des M. obliquus abdominis internus.
,, 101. Eintrittsstelle des Zweiges vom N. cruralis zum M. tensor fasciae latae.
,, 102. Eintrittsstelle des inneren Zweiges vom N. cruralis zum M. rectus femoris.
,, 103. Eintrittsstelle des Zweiges vom N. cruralis zum M. vastus externus.
,, 104. Eintrittsstelle des Zweiges vom N. cruralis zum M. cruralis.
,, 105. Nervus cruralis.
,, 106. Zweig des N. cruralis zum M. sartorius.
,, 107. Motorischer Punct des M. pectineus.
,, 108. Motorischer Punct des M. adductor brevis.
,, 109. Motorischer Punct des M. adductor longus.
,, 110. Motorischer Punct des M. gracilis.
,, 111. Zweig des N. cruralis zum M. vastus internus.
,, 112. Motorischer Punct des M. soleus.
,, 113. Zweige vom N. tibialis zum M. flexor digitor. commun. longus.
,, 114. Nervus tibialis.
,, 115. Nervus peroneus.
,, 116. Nervus peroneus superficialis.
,, 117. Motorischer Punct des M. extensor digitor. commun. longus.
,, 118. Motorischer Punct des M. tibialis anticus.
,, 119. Motorischer Punct des M. extensor hallucis longus.
,, 120. Motorischer Punct des M. peroneus tertius.
,, 121. Endast des N. peroneus profundus zum M. extensor digitorum communis brevis.

Nro. 122. Motorischer Punct des M. abductor digiti minimi.
,, 123. Motorischer Punct des M. abductor hallucis.
,, 124. }
,, 125. } Motorische Puncte des Mm. interossei externi.
,, 126. }
,, 127. }
,, 140. Nervus obturatorius.

Der Nervus ischiadicus ist am unteren Rande des Glutaeus maximus, zwischen Trochanter major und Tuber ischii in der Mitte, mit kräftigem Aufsetzen und starkem Strom zu erreichen: Beugung des Unterschenkels mit schmerzhaften Sensationen.

Etwa in der Mitte der Mittellinie der Hinterfläche des Oberschenkels findet sich ein motorischer Punct (N. ischiadicus) für den M. biceps femoris, über der Kniekehle auch in der Mittellinie ein zweiter.

Neben dem oberen motorischen Puncte des M. bic. fem. nach innen $5^3/_4''$ vom Tuber Ischii ist der Nervenast für den M. semitendinosus zu treffen.

Noch etwas weiter nach innen auf derselben Höhe am Schenkel der Ast des M. semimembranosus etc.

In der Medicin benützte physikalische Wirkungen des constanten elektrischen Stromes.

Es sind das vor allem:

1.) Elektrolyse und
2.) Die Erwärmung der von einem constanten Strom durchflossenen metallischen Leiter.

Man hat für beide Zwecke Elemente zu wählen mit möglichst geringem Eigenwiderstand und möglichst grosser elektromotorischer Kraft.

Man wendet also vor allem Bunsen'sche Elemente an und zwar in platter Form. Die dünne ziemlich grosse und hohe Kohlentafel steht in einem schmalen viereckigen Thondiaphragma, dieses in einem schmalen ebenso hohen Glastroge, in dem das Zink eingestellt ist. Mit 6 guten Elementen der Art, wird man für alle Zwecke ausreichen.

Um die Stromstärke zu modificiren dient am gewöhnlichsten ein in die Leitung eingeschalteter Wasserrheostat, welcher durch Einführung einer grösseren oder kleineren Wasserschichte in die Leitung den Widerstand in dieser entsprechend stärken oder schwächen kann, wodurch natürlich auch im selben Sinne die Wirkung des Stromes abnimmt. Man hat zu diesem Zwecke auch eigene Commutatoren angewendet, welche leicht und rasch eine beliebige Verbindung der Elemente gestatten; auch Hebevorrichtungen, um Kohle und Zink tiefer oder weniger tief in die Flüssigkeiten des Elementes eintauchen zu lassen.

Die Wirkung der Elektrolyse hat man für die Auflösung der Blasensteine vorgeschlagen; sie ist für Heilung von Aneurysmen (Blutgeschwülsten) schon erprobt. Das Heilverfahren trägt den Namen **Galvanopunctur**.

Leitet man den elektrischen Strom durch Blut oder andere eiweisshaltige thierische Flüssigkeiten, so scheidet sich am positiven Pole der Kette durch Zersetzung der Salze der Flüssigkeiten Säure aus. Durch diese Säure gerinnt an dem positiven Pole das Eiweiss. Dasselbe geschieht, wenn man den elektrischen Strom in das Blut im Aneurysmasack einleitet. An dem entstandenen Eiweissgerinnsel findet dann auch noch secundär eine Blutfibrinabscheidung statt. So kann nach und nach der ganze Aneurysmasack mit Gerinnsel erfüllt und verschlossen werden, sodass das Blut seinen Weg nicht mehr durch ihn hindurchnehmen kann. Die Anwendung eines nicht allzu starken aber auch nicht zu schwachen Stromes zu diesem Zwecke geschieht so, dass man den positiven Pol mit einer metallischen Nadel verbindet, die man in die Geschwulst einsticht. Die Stellen der Nadel, welche nicht in die Geschwulst zu liegen kommen, sind stark gefirnist, um den Strom nicht abzuleiten. Die zweite (negative, Zink-) Elektrode wird nahe dem Aneurysma auf die Haut aufgesetzt; man macht sie natürlich gross und feucht, um den Strom möglichst wenig zu schwächen. Die zum Aneurysma führende Arterie wird während der Operation comprimirt, damit der Blutstrom nicht die entstehenden Gerinnsel fortreisse, wodurch Verstopfung (Embolie) von Capillarbezirken und Brand, unter Umständen der Tod des Gesammtorganismus eintreten kann.

Zu starke Ströme machen ein weniger festes Gerinnsel als mittelstarke; der Grund liegt in einer stürmischen Gasentwickelung (Sauerstoff), welche die ausgeschiedenen Eiweisstheilchen hindert, sich fest aneinander anzulegen. Die Galvanopunctur muss so lange fortgesetzt, der Strom in einer Sitzung so lange eingeleitet werden, bis das Aneurysma sich durch die Eiweissgerinnung vollständig verschlossen zeigt.

Noch wichtiger als die eben genannte Operationsmethode mit dem constanten Strome ist die ebenfalls mit seiner Hülfe erfolgende: **Galvanokaustik.** Sie besteht in Benützung der durch den elektrischen Strom entwickelten Wärme einerseits zu denselben Zwecken, zu denen man sonst das gewöhnliche Glüheisen verwendet: galvanokaustisches Glüheisen, oder auch zu Operationen, die man sonst mit Messer oder Scheere vorzunehmen pflegt: galvanokaustische Schneideschlinge. Ein glühend gemachter und im Glühen erhaltener Draht brennt sich durch die abzutragenden Gewebe hindurch und stillt mit seinem Schnitt zugleich die sonst entstehende Blutung.

Alle metallenen Leiter werden durch den sie durchströmenden elektrischen Strom erwärmt, um so mehr, je stärker die Stromintensität ist und je grösser der Widerstand, den sie selbst dem Strome entgegensetzen. Hat man in einer Leitung, die im übrigen möglichst gut leitet, einen schlecht leitenden Körper (z. B. sehr dünnen Metalldraht, am besten Platindraht, da Platin an sich kein guter Leiter der Elektricität ist), so wird die übrige Leitung kalt bleiben, während sich das betreffende schlecht leitende Stück der Leitung sehr bedeutend erwärmt. Ein Platindraht von einiger Dicke kann dadurch zum Weissglühen, ja sogar zum Schmelzen gebracht werden.

Man kann die galvanokaustischen Glühinstrumente kalt in irgend eine Höhle des menschlichen Körpers einführen, in welcher man operiren will. Während man bei Anwendung des gewöhnlichen Glüheisens so leicht bei der

Einführung Nachbartheile verletzen kann, fällt diese Möglichkeit dadurch weg. Ist das galvanokaustische Instrument an Ort und Stelle eingelegt, so verbindet man es mit der galvanischen Batterie, deren Stärke man durch Probiren an einem Fleischstücke schon vorher gehörig moderirt hat (man hat zu beobachten, ob das galvanokaustische Instrument, an das Fleisch angelegt, fortglüht, oder ob ein Fleischstück von der Grösse und Dicke z. B. der zu entfernenden Geschwulst von der Schneideschlinge durchschnitten wird etc.). Alle galvanokaustischen Instrumente passen in ein Verbindungsstück, an dem man einfach durch Fingerdruck die Kette schliessen und öffnen kann. Ist die Kette geöffnet, so glüht das Instrument, soweit es von Platin ist, alles Uebrige bleibt kühl. Ist die Operation gemacht, so öffnet man die Kette, das Platininstrument kühlt sich fast momentan ab, man kann es kalt, wie man es eingeführt hat, von dem Orte der Operation entfernen.

Diese Operationsmethode hat ihre Ausbildung vor allen durch Middeldorpff erhalten. Seine schon erwähnte Schneideschlinge besteht im Wesentlichen aus einem Platindraht, den man schlingenförmig z. B. um das stielförmige Ende einer Geschwulst legen kann. An der Platinschlinge ist eine Vorrichtung angebracht, um sie, stets in leitender Verbindung mit der galvanischen Kette, während der Operation zuschnüren zu können. Ist die Schlinge umgelegt, so schliesst man den Strom, und dreht nun langsam die Schlinge zu. Dadurch wird die Basis der Geschwulst ohne Blutung — die Hitze stillt das Bluten sogleich — nach und nach abgeschnitten.

Um den Widerstand in der übrigen Leitung möglichst klein zu machen, sind alle Leitungsdrähte und anderen Apparatenstücke, die auch mit leiten müssen, möglichst massiv und von dem gutleitenden Kupfer hergestellt.

Praktisch hat man noch auf Manches bei der Anwendung der galvanokaustischen Apparate zu achten. Ein dicker Platindraht kommt schwer ins Glühen, ein dünner reisst gern beim Zuschnüren der Schlinge. Die Stromwahl für den einzelnen Operationsfall muss sehr sorgfältig geschehen. Eine Stromstärke, welche einen Draht in der Luft weissglühend macht, ist nicht hinreichend, ihn auch dann noch zum Glühen zu bringen, wenn ihm, um die feuchte Fleischmasse gelegt, durch Verdunstung zu viel Wärme entzogen wird. Man hat also wie gesagt die Stromstärke z. B. an einem Stück Rindfleisch zuerst auszuprüfen. Die Stromstärke, welche unter diesen Umständen den Strom in genügende Hitze versetzt, schmilzt ihn aber leicht in freier Luft. Man darf also nach der Stromwahl den Strom nicht schliessen, so lange der Draht noch nicht angelegt ist.

Je kürzer der Draht der Schneideschlinge durch das Zusammenschnüren wird, desto heisser wird er auch. Bei Operationen an grossen Geschwülsten, zu deren Umgreifung man einen langen Draht bedurfte, kann bei der eintretenden Zuschnürung der Draht so heiss werden, dass er plötzlich durchschneidet und das Blut nicht mehr gleichzeitig stillt. Man muss also dann eine Vorrichtung haben, um den Strom während der Operation gehörig und leicht in seiner Stärke abstufen zu können.

Andere Anwendungen des elektrischen Stromes, die man zu ärztlichen Zwecken verwerthen wollte, sind noch nicht erprobt oder gehören dem »Schwindel« an.

Eine gute Methode giebt es, um mittelst Elektrolyse Quecksilber in thierischen Flüssigkeiten (Harn, Speichel, etc.) nachzuweisen.

Steckt man in eine Quecksilber enthaltende Flüssigkeit die Pole einer galvanischen Kette ein, so scheidet sich an dem negativen Pole das Metall aus. Leitet man der quecksilberhaltigen Flüssigkeit den Strom durch glänzende goldene Elektroden (Golddraht) zu, so wird sich das an dem negativen Pole ausgeschiedene Quecksilber mit dem Golde amalgamiren, die Goldfarbe wird dadurch weiss, was man besonders durch Reiben mit Leder auf der Oberfläche deutlich machen kann. So gelingt der Nachweis des Quecksilbers leicht, der sonst viele Umständlichkeiten erfordern würde. Die amalgamirte Goldelektrode kann durch Erwärmen und Glätten zum Neugebrauch wieder gereinigt werden.

V.

Die

Physiologie der Empfindung.

Fünfundzwanzigstes Capitel.

Die allgemeinen Grundlagen der Empfindung.

Leitungsgesetze der Nerven.

Der menschliche Organismus steht wie der thierische in allseitigem Verkehr mit der ihn umgebenden Natur.

Der Verkehr des menschlichen Organismus mit der Aussenwelt zeigt eine active und eine passive Seite. Die Fähigkeit der activen Einwirkung beruht auf den Mechanismen der willkürlichen Bewegung, die wir auf Reizzuständen beruhen sehen, welche von den nervösen Centralorganen aus der Peripherie zugeleitet werden. Passiv sehen wir von der Aussenwelt her dieselben nervösen Centralorgane Veränderungen ihres Ruhezustandes erleiden, die wir als Empfindungen bezeichnen. Dazu sind eigene Organe vorhanden, die Sinnesorgane, welche gewisse äussere Agentien, für welche der Nerve an sich nicht empfindlich ist, in Nervenreize umsetzen. Nur die Endorgane des Opticus sind für Licht, des Acusticus für Schall, des Olfactorius für Gerüche etc. erregbar. Ohne die Sinnesapparate fehlt dem Nerven die Fähigkeit der Erregung durch gewisse Bewegungsformen ausser ihm. Man kann und darf sich vorstellen, dass es noch eine Reihe von Bewegungsformen ausser uns giebt, von denen wir keine Ahnung haben, da uns die Organe, sie in Nervenreize zu verwandeln, abgehen.

Es ist also auf den ersten Blick klar, dass diese beiden namhaft gemachten Nervenleitungen, motorische und sensible, in den motorischen und sensiblen Nerven wesentlich verschiedener Art seien. Während bei den ersteren ein in den Centralorganen entstehender Reizzustand centrifugal den Organen zugeleitet wird, erfolgt dort auf einen in der Peripherie auf die Nervenendigungen einwirkenden Reiz die Erregung der Centralorgane, die Erregungsleitung geschieht sonach im entgegengesetzten Sinne wie oben: centripetal.

Man hat lange versucht, die Grundlage dieses verschiedenen Leitungsvermögens in einer äusseren oder inneren Verschiedenheit der Nerven selbst, in denen es sich findet, zu entdecken. Das Mikroskop, die chemische Analyse, das physikalische Experiment haben solche gesuchte Unterschiede in den Bewegungs- und Empfindungsnerven nicht auffinden können.

Das physikalische Experiment hat es sogar über allen Zweifel erhoben, dass in Wahrheit motorische und sensible Nerven in ihren physiologischen

Grundeigenschaften vollkommen identisch sind. In der DU BOIS-REYMOND'schen Entdeckung der negativen Stromschwankung des tetanisch gereizten Nerven ist uns ein Mittel an die Hand gegeben, zu entscheiden, ob der Erregungsvorgang im auf- oder absteigenden Sinne in den beiden Nervengattungen ihren verschiedenen Functionen entsprechend mit verschiedener Leichtigkeit zu Stande komme. Es zeigt sich, dass sich in dieser Beziehung keine merklichen Unterschiede ergeben. Die negative Schwankung lässt sich erhalten, wenn wir das peripherische oder das centrale Nervenende der Reizung aussetzen, sodass einmal centripetal, das anderemal centrifugal der Erregungszustand geleitet wird. Legen wir die reizenden Elektroden so an, dass eine mittlere Strecke des ausgeschnittenen Nerven erregt wird, und leiten von beiden Endquerschnitten und zwei ihnen nahe gelegenen Längsschnitten an zwei Multiplicatoren gleichzeitig die Nervenströme ab, so zeigen beide Ströme auf den Reiz die negative Schwankung, zum Beweise, dass sie sich auf- und abwärts fortzupflanzen vermag, ohne dass im motorischen Nerven das Zustandekommen derselben in einer Richtung etwas erleichtert schiene als in der anderen. Ebenso verhalten sich die sensiblen Nerven.

Versuche der Art an den Nervenstämmen selbst angestellt, leiden an einem nicht zu übersehenden Fehler. Die Nervenstämme sind nämlich ohne Ausnahme gemischter Natur, d. h. es sind an ihnen motorische und sensible Fasern vereinigt. Man könnte auf den Verdacht kommen, dass das Zustandekommen des Erregungszustandes, der negativen Schwankung das eine Mal in der einen Richtung der einen in der anderen der zweiten Fasergattung zuzuschreiben sei. An den Austrittsstellen der Nerven aus dem Rückenmarke zeigen sich die Fasern der beiden Gattungen noch ungemischt. Die vorderen Nervenwurzeln bestehen aus motorischen, die hinteren aus sensiblen Nervenfasern (BELL'sches Gesetz). DU BOIS-REYMOND hat durch äusserst zarte Versuche die Gültigkeit der oben angeführten Thatsache auch für diese ungemischten Nerven bestätigt, sodass damit das doppelsinnige Leitungsvermögen beider Nervengattungen erwiesen ist.

Offenbar müsste man den Beweis der doppelsinnigen Leitung auch auf die Weise führen können, dass man künstliche Nerven so herzustellen versuchte, dass man einen rein motorischen und einen rein sensiblen Nerven durchschneidet und nun das peripherische Ende des motorischen mit dem centralen Ende des sensiblen, und umgekehrt das peripherische Ende des sensiblen mit dem centralen Ende des motorischen zusammenheilt. Zu diesen Versuchen wurde von BIDDER der Nervus hypoglossus und lingualis bei Hunden zu verwenden versucht, von denen der erstere die Bewegung der Zungenmuskeln, der andere die Empfindung der Zunge vermittelt. In der Mehrzahl der angestellten Versuche heilten die Nervenstämme wieder direct aneinander, nicht wie man gewünscht hatte, gekreuzt. In neueren Versuchen scheint das Experiment jedoch gelungen. Man konnte von dem über der Narbe liegenden frühern sensiblen Lingualisende aus durch elektrische Reizung Contraction der Zungenmuskeln erhalten. (PHILLIPEAUX, VULPIAN, J. ROSENTHAL). So kann auch durch dieses Experiment die Möglichkeit der Nervenerregungsleitung in beiden Richtungen als bewiesen angesehen werden.

Sonach liegt also die Verschiedenheit der Empfindungs- und Bewegungs-

nerven nicht in ihnen selbst. Es bleibt uns ohne Wahl nur die eine Annahme, dass die beobachteten Unterschiede verursacht werden durch die Verschiedenheit der peripherischen und centralen Apparate, welche wir durch die Nerven mit einander in Verbindung gesetzt sehen. Der motorische Nerve erhält seinen Charakter dadurch, dass er in einer Ganglienzelle entspringt und in einer Muskelfaser endigt. Sein Reizorgan ist eine central gelegene Ganglienzelle, sein Arbeits- oder Erfolgsorgan ein peripherisch gelegener Muskel; so kommt es, dass er von seinem normalen Reizorgane aus nur centrifugal erregt wird, obwohl er auch die Fähigkeit zur centripetalen Erregungsleitung besitzt. Umgekehrt ist es bei den sensiblen Nerven: sie entspringen gleichsam in einem peripherisch gelegenen Reizorgane, einem sogenannten Sinnesorgane: Auge, Ohr, Tastkörperchen etc. und enden als in ihrem Erfolgsorgane in einer Ganglienzelle. Der normale Reiz, der sie erregt, findet an der Peripherie statt, das Organ, welches dadurch erregt wird: die empfindende Ganglienzelle liegt central, so ist die Richtung der Erregungsleitung centripetal, obwohl sie auch hier dem Bau der Nerven nach in umgekehrter Richtung zu Stande kommen könnte.

Wir haben hier ohne Weiteres das Zustandekommen des Empfindungsvorganges in central gelegene Ganglienzellen verlegt. Wir sehen in den Centralorganen keine anderen Organe als die genannten Zellen, als deren Ausläufer ja die Nervenfasern zu betrachten sind, denen wir diese Function zuzuschreiben vermögen. An einem anderen Orte werden wir noch auf Unterschiede zwischen Ganglienzellen für motorische und sensible Fasern zu sprechen kommen.

Qualitäten der Empfindung.

Die Empfindungserscheinungen schliessen einige der grössten Räthsel der Physiologie in sich.

Woher kommen die verschiedenen Qualitäten der Empfindung? Warum sehen, hören, schmecken, riechen wir, warum haben wir Tast- und Temperaturempfindungen?

Man hat in einer früheren Periode der Wissenschaft sich damit begnügt, die sensiblen Nerven als blosse Leiter für die Eigenschaften der äusseren Dinge anzusehen; man glaubte, dass durch die Nerven direct die Eindrücke des Lichtes, der Tonschwingungen, der Geschmacksstoffe den Centralorganen zugeleitet würden, die Qualitäten der Empfindung führte man auf die Qualitäten der sie erzeugenden Stoffe direct zurück. Man konnte sich so leicht über die Schwierigkeiten hinwegsetzen, die aus der Erfahrung hervorgingen, dass die verschiedenen Sinnesnerven nur je eine Art der Empfindung vermittelten. Der verschiedene Bau der Endorgane, der Sinneswerkzeuge, welche zweifelsohne für das Wirksamwerden der verschiedenen Reizmittel: Druck, Licht, Schall, chemische Einwirkungen zweckmässig eingerichtet sind, schien Alles zu erklären und musste Alles erklären.

Die Erfahrungen der chirurgischen Praxis und des physiologischen Experimentes widersprechen nun aber einer solchen einfachen Annahme direct.

Es zeigt sich, dass in allen Fällen die Reizung des Nervenstammes selbst

die gleiche Qualität der Empfindung hervorruft als die Reizung seiner Endorgane.

Reizen wir einen sensiblen Nervenstamm, so erregt dieses eine Empfindung, als würden alle Endorgane gereizt, welche mit dem Stamme in Verbindung stehen. Reizung von Nervenzweigen beschränkt dem entsprechend den Erfolg auf die von dem Nervenreize versorgten Organe.

Tausendfältig sind die Erfahrungen der Chirurgen, dass auch dann noch, wenn die Empfindung in den äusseren Theilen durch Durchschneiden der Nerven oder auf einem anderen Wege vollkommen verschwunden ist, der Nervenstamm selbst noch Empfindungen haben kann, welche in dem ehemaligen peripherischen Verbreitungsbezirke desselben zu sein scheinen. Hierher gehören die Gefühle an amputirten Gliedern, die Beobachtung, dass nach Transplantation des Stirnlappens bei der künstlichen Nasenbildung vor der Durchschneidung der Hautbrücke, welche die neue Nase mit der Stirn verbindet, die Berührung der Nase eine Empfindung erzeugt, welche in die Stirn, von wo die Haut derselben stammt, verlegt wird. Dieselbe Unabhängigkeit der von dem Nerven vermittelten Empfindung von der Lage des empfindenden Endorganes zeigt sich auch, wenn wir, wie schon Aristoteles wusste, willkürlich die empfindenden Organe aus ihrer normalen Lage bringen, wenn wir z. B. Zeigefinger und Mittelfinger derselben Hand kreuzweis über einander legen und zwischen den nun sich zugewendeten Seiten der gekreuzten Finger, welche im normalen Zustand die entgegengesetzten Seiten derselben sind, eine kleine Kugel hin- und herrollen, man glaubt dann zwei Kugeln zu spüren, da bei der normalen Fingerlagerung nur zwei verschiedene Kugeln gleichzeitig die beiden betreffenden Fingerseiten berühren könnten.

Noch viel schlagender sind die Beobachtungen bei den Nerven der sogenannten höheren Sinnesorgane. Lassen wir gewisse verschiedene als Reizmittel bekannte Agentien auf die Sinnesorgane selbst einwirken, wie z. E. Elektricität, so zeigen sich dieselben dafür empfänglich, aber jeder Sinnesnerve empfindet alle Reize auf seine specifische Art. Der eine Nerve sieht davon Licht, der andere hört davon einen Ton, der eine riecht, der andere schmeckt die Elektricität, dasselbe Agens, welches von den anderen sensiblen Nerven als Schmerz oder Schlag empfunden wird. Vermehrter Blutandrang erregt in dem einen Organe, d. h. in seinem Nerven, ein leuchtendes Bild, in dem anderen Brausen, in noch anderen Kitzel oder Schmerz.

Es schien leicht, diese Verschiedenheit der Wirkung auf eine sogenannte specifische Energie der Nerven zurückzuführen. Man musste sich diesen Vorgang als eine Verschiedenheit in der Moleculärbewegung in den Nerven selbst denken. Der Reiz müsste danach in jedem Nerven einen anderen Zustand der Erregung herbeiführen. Die Ergebnisse von Reizversuchen an den Nerven der Sinnesorgane schienen diese Annahme zu bestätigen. Am öftesten genannt sind die mechanischen Reizungen des Opticus z. B. bei seiner Durchschneidung, die als eine blitzende, grelle Feuererscheinung empfunden werden soll.

Die Entdeckungen du Bois-Reymond's über die Erregungserscheinung an den Nerven, die sich unter allen Umständen bei allen als negative Stromschwankung zeigt, die keine qualitativen Unterschiede den specifischen Ener-

gien entsprechend erkennen lässt, scheint auch diese Annahme eines specifischen Reizzustandes auszuschliessen.

Wir werden dadurch veranlasst, die specifischen Erfolge als bedingt anzusehen, nicht durch die Nerven und eine specifische Art ihrer Erregung, sondern durch die nervösen Centralorgane, welchen die Erregung zugeleitet wird. Die Seelenorgane, welche durch die Nerven erregt werden, sind nur im Stande eine bestimmte Empfindung — die einem inneren Bewegungszustande entspricht — zu vermitteln. Derselbe Reiz wird, wenn er verschiedene Seelenorgane trifft, nach der specifischen Energie derselben gedeutet.

Der eigentliche specifische Empfindungsvorgang, den wir bei unbefangener Betrachtung in die Sinnesapparate zu verlegen gewöhnt sind, findet also stets wo ganz anders statt. Das Auge wie alle anderen Sinnesorgane empfindet Nichts. Durchschneiden wir den Opticus, sodass damit die Leitung zwischen Auge und seinem empfindenden Centralorgane unterbrochen ist, so entstehen vor wie nach Bilder auf der Netzhaut, welche äusseren Gegenständen entsprechen, wodurch die letzten Endigungen des Sehnerven erregt werden, aber die Seele selbst empfindet Nichts, der Patient ist blind. Auch der Nerve selbst ist zur Empfindung unvermögend. Schneiden wir einen Nerven durch und quetschen oder galvanisiren sein peripherisches Ende, so wird dadurch keine Empfindung erregt. Es liegt also nicht in den Sinnesorganen, nicht in den etwaigen specifischen Erregungszuständen der Nerven der Grund, warum wir einmal die Nervenerregung Licht, das anderemal sauer nennen. Der Grund dafür liegt einzig und allein in den reizpercipirenden Gehirnorganen selbst, zu denen die Nervenleitung geschieht. So rechtfertigt sich die oft gemachte Behauptung, dass, wenn es gelänge den Opticus und Acusticus zu durchschneiden und ihre Enden gekreuzt zusammen zu heilen, wir bei einem Concerte Licht- und Feuererscheinungen, bei einem Feuerwerke Ton- oder Geräuschempfindungen bekommen würden.

Muss aus irgend einem Grunde ein krankhaftes Auge exstirpirt werden, so erregt der Schnitt durch den gesunden Sehnerven eine blendende Feuererscheinung. Der Mensch ist dann noch nicht vollkommen blind. Er hat scheinbar an dem ausgeschnittenen Auge noch Lichtempfindungen, er glaubt noch mit ihm zu sehen; derartige Patienten sehen Lichter, Feuerkreise, tanzende Gestalten. Dieser Zustand, der auf einer directen Erregung des Sehnerven beruht, dauert so lange, bis dieser durch Nichtgebrauch degenerirt ist, wie dieses bei allen Organen durch lange Unthätigkeit eintritt. Auch dann ist aber ein solcher Mensch noch nicht vollkommen blind. Solange sein i n n e r e s G e s i c h t s o r g a n i m G e h i r n e, dessen Erregungszustand von ihm bisher als durch äussere Lichterscheinungen hervorgerufen gedeutet wurde, noch erregbar ist durch directe Reize, z. B. durch vermehrten Blutzufluss, erscheint einem solchen Blinden wenigstens noch im Traum die Welt hell und farbig und nur der wache Tag ist in schwarz gekleidet. Erst wenn die zerstörenden Einwirkungen des Nichtgebrauches auch dieses Organ zerstört haben, wird sein Leben ein vollkommen dunkles.

Die Erziehung der Seele durch die Sinneseindrücke.

Die ganze Annahme der specifischen Energien hat auch in der eben vorgetragenen Fassung noch etwas Gezwungenes. Wie sollen wir uns diese specifische Molecularbewegung in den Ganglienzellen der Gehirnorgane vorstellen? Man hat gesagt, diese Verschiedenheiten lägen eben im verschiedenen Bau der Gehirnorgane begründet, von denen das eine schmeckt, das andere riecht aus demselben Grunde, warum ein Muskel zuckt, eine Drüse Flüssigkeit absondert, auf denselben Nervenreiz. Derartige Bauverschiedenheiten der Gehirnorgane haben sich nun aber für jetzt noch nicht auffinden lassen. So neigen sich denn jetzt Einige der Annahme zu, dass diese specifischen Energien der Hirnorgane nur das Resultat einer wahren Erziehung von aussen her sind. Die Seele, die gewöhnt ist vom Sehnerven nur Lichteindrücke von der Aussenwelt vermittelt zu erhalten, verlegt jeden von dorther anlangenden Reiz in den ihr aus anderen unterstützenden Sinneswahrnehmungen bekannten Ort der normalen Erregung: in das Auge oder vielmehr auch aus diesem heraus in die sichtbare Umgebung und nennt ihn Licht. Ebenso ist es mit den übrigen centralen Sinnesapparaten.

Höchst wahrscheinlich existirt also die besprochene Fähigkeit der Gehirnorgane, auf specifische Reize specifische Vorstellungen zu erwecken, nicht von Anfang an. Man müsste diese Behauptung prüfen können, wenn man die erste selbstthätige Wirkung der Sinne vor ihrer Erziehung zum Object einer naturwissenschaftlichen Untersuchung machen könnte.

Soviel steht fest, dass alle Sinneseindrücke, die ja nach dem Gesagten nur in Veränderungen unserer Gehirnorgane beruhen, zu Anfang rein subjectiv sein müssen, dass sie nur den zwei einfachsten Qualitäten: angenehm und unangenehm entsprechen können. So jauchzt ein Kind bei dem Erblicken der Lampe ebenso wie bei dem Schalle einer Trompete, wie bei der Erregung einer ihm angenehmen Geschmacks- oder Gefühlsempfindung. Die Erziehung ist lang und peinlich, bis sich im Menschen das Bewusstsein des Gegensatzes von Subject und Object ausgebildet hat; bis er gewisse Alterationen seines eigensten Wesens, Zustände seines Nervensystemes als von äusseren Objecten erregt, als Objectives von anderen Alterationen ganz ähnlicher Art, von anderen Nervenzuständen als von dem Subjectiven zu trennen vermag. Ist aber die Erziehung vollendet, so gehört eine philosophische Betrachtung dazu, um zu verstehen, dass wir nicht den gesehenen oder gefühlten Gegenstand direct, sondern eine durch ihn gesetzte Veränderung unseres Gehirnes empfinden. Eine Reihe von Qualitäten, die nur subjectiver Natur sind, schreiben wir bei der gewöhnlichen Betrachtungsweise dem Object selbst zu. Wir nennen z. B. einen Körper gefärbt. Die Farben beruhen auf einer bestimmten Geschwindigkeit der Aetherschwingungen, die unser Auge treffen und seine Netzhaut erregen: ausser uns ist also Nichts farbig, man müsste denn die Annahme einer gefärbten Bewegung für nicht sinnlos halten. Allen unseren meist schlechthin objectiv genannten Sinneswahrnehmungen kleben ähnliche Fehler aus Subjectivismus entspringend an.

Es ist schon oben angedeutet worden, dass wir in Folge des Ineinandergreifens der verschiedenen Wahrnehmungen, die wir den verschiedenen

Sinnesorganen verdanken, von dem Orte der Reizeinwirkung, die unsere verschiedenen Gehirnorgane erregen, uns eine Vorstellung machen können. Diese Vorstellungen über den Ort der Erregung sind unter normalen Verhältnissen auffallend genau. Mit überraschender Schärfe sind wir im Stande, den Ort der Reizung an unserer Körperoberfläche zu bestimmen. Bei dem Auge ist diese Localkenntniss noch weit auffallender. Die Seele hat stets im wachen Zustande eine Empfindung des jeweiligen Erregungszustandes aller seiner sensiblen Nerven, sowie von der Lage aller Endorgane, welche die normale Erregung vermitteln. Ausnahmen davon, wie sie durch Transplantation von Hautlappen, oder die Kreuzung der Finger gesetzt werden, dienen nur dazu, diesen Satz noch mehr zu erhärten. Diese Ortskenntniss ist ebenso ein Resultat der Erziehung der Seele, wie ihre anderen eben besprochenen Fähigkeiten. Es ist möglich bei jenen Transplantationen des Stirnlappens nach und nach das Gefühl so zu modificiren, dass die neue Nase nun nicht mehr an der Stirne, sondern an ihrer neuen Stelle empfunden wird. Bei dem Auge treffen wir auf noch schlagendere Beweise für diesen Satz.

Nicht jede Empfindung kommt zum Bewusstsein.

Unter normalen Umständen scheint nur ein Reiz gleichzeitig zur Perception kommen zu können. Die scheinbare Gleichzeitigkeit verschiedener Empfindungen rührt wohl von einem raschen Wechsel der Erregung der verschiedenen Organe her. Es können Erregungsvorgänge in unseren Seelenorganen stattfinden, ohne dass wir eine Notiz davon nehmen. Um die Erregung zu einer wirklichen Empfindung zu machen, müssen wir unsere Aufmerksamkeit auf die stattfindende Erregung lenken. Es kann das willkürlich geschehen, meist jedoch erfolgt es unwillkürlich; ein starker Reiz erzwingt Aufmerksamkeit.

So steht also die Empfindung bis zu einem gewissen Grade unter der Gewalt des Willens. Durch einen heftigen Schmerz oder auch schon dadurch, dass wir unsere Gedanken auf einen bestimmten Gegenstand concentriren, werden wir gefühllos wenigstens für die gleichzeitig auf uns einwirkenden schwächeren sensiblen Reize. Diese Gefühllosigkeit kann unter Umständen erstaunlich sein. Aus allen Kriegsspitälern werden Fälle erzählt, dass Verwundete Verletzungen an sich auch sehr schmerzhafter Art nicht bemerkt hatten, über eine andere grössere Wunde. In der Aufregung des Gefechtes oder des plötzlichen Schreckens kommt es vor, dass Verletzungen gar nicht wahrgenommen werden. Das heroische Ertragen von Schmerz beruht, wie die allzugrosse Empfindlichkeit für Schmerzen, auf grösserer oder geringerer Fähigkeit, der Aufmerksamkeit willkürlich eine bestimmte Richtung zu geben. Wir werden in der Folge im Gehirn ein Hemmungsorgan kennen lernen, welches in Folge seiner Erregung durch den Willen gewisse auf sensible Reize sonst regelmässig eintretende Bewegungen: Reflexbewegungen zu hemmen vermag. Es scheint nöthig zu sein, ein analoges Hemmungscentrum für das Zustandekommen der Empfindung anzunehmen, das auch willkürlich in Erregungszustand versetzt werden kann.

Sechsundzwanzigstes Capitel.

Der Hautsinn und das Gemeingefühl.

I. Der Tastsinn.

Tastorgane und ihre Erregung.

Die grösste Anzahl der empfindenden Nerven endigt in der Haut.

Es sind zwei wesentlich ihrer Qualität nach gesonderte Empfindungsarten, welche zwei verschiedenen specifischen Energien des Gehirnes entsprechen, die wir durch die Haut vermittelt sehen:

Druckempfindung und
Temperaturempfindung.

Allen sensiblen Nerven gehört gleichmässig die Wollust- und Schmerzempfindung an. Die erstere wird bei den beiden ebengenannten Empfindungsarten durch schwächere, intermittirend einwirkende Reize hervorgerufen; der Schmerz entsteht durch andauernde schwächere oder durch momentane oder auch intermittirende starke Erregung.

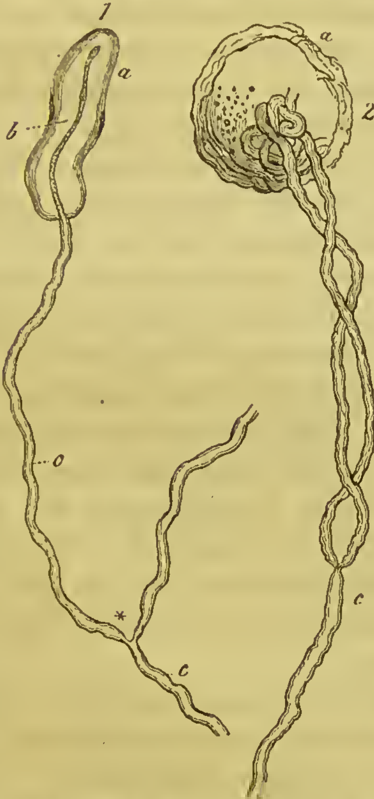
Die Erregung der für Druckempfindungen vermittelst ihrer Endorgane am leichtesten anzusprechenden Nerven durch andere als tactile Reize, ruft stets den Druckempfindungen analoge Gefühle hervor. Die betreffende Nervengattung kann ausser durch Druck auch noch durch Elektricität, vielleicht auch durch chemische Agentien erregt werden. Die dadurch erzeugten Gefühle sind von dem des Kitzels, der aus rasch sich folgenden Druckschwankungen normal entsteht, nicht verschieden. Auch chemische Reize bringen mitunter ein derartiges Kitzelgefühl hervor, das von dem durch den normalen Reiz erzeugten nicht unterschieden werden kann.

Die Empfindungsorgane, welche die Berührung der Hautstellen in einen Nervenreiz umwandeln, sind dem Wesen nach wohl alle gleich gebaut, obwohl sie sich äusserlich durch Grösse und Gestalt nicht unbeträchtlich von einander unterscheiden. Es sind dieses die Pacini'schen Körperchen, welche unter der Haut im subcutanen Bindegewebe eingebettet liegen, besonders unter der Haut der Hohlhand und der Fusssohle, sonst aber auch noch vielfältig besonders an den Gelenknerven, im Mesenterium der Katze etc. gefunden werden. Diese Körperchen haben eine makroskopische Grösse von 1—4 Mm. Ihnen sehr ähnliche, nur von mikroskopischer Kleinheit, finden sich

in den Papillen der Cutis eingelagert, von denen einige nur Gefässschlingen, andere die Meissner'schen Tastkörperchen enthalten. Am häufigsten finden sie sich in der Haut der Finger und Zehen, sowie in Hohlhand und Fusssohle. Besonders in Schleimhäuten fand W. Krause in der Submucose analoge Gebilde, die er Nervenendkolben nennt.

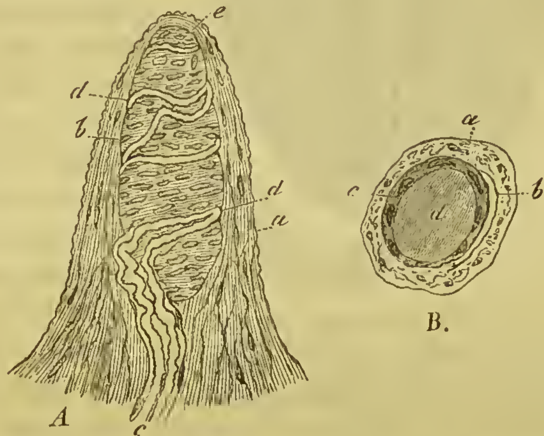
Diese letzteren scheinen das einfachste Schema aller genannten Tastorgane zu sein (Fig. 165). Sie sind kleine ovale oder kugelige Bläschen, die eine bindegewebige Hülle und einen homogenen Inhalt erkennen lassen. An der Hülle finden sich Kerne eingelagert; in das Innere des Bläschens tritt eine

Fig. 165. (*F.*)



Endkolben. 1 Aus der Conjunctiva des Kalbes, 2 aus der des Menschen. *a* Endkolben; *c* Nervenfaser, in 1 als Axencylinder *b* endigend.

Fig. 166. (*K.*)

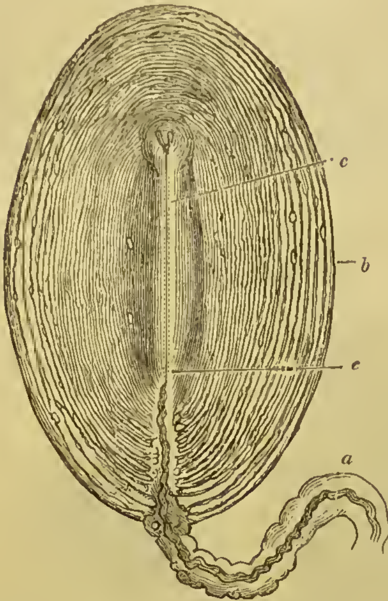


A. Längenansicht einer Papille der Haut, *a.* Rindenschicht derselben mit Saftzellen und feinen elastischen Fasern, *b.* Tastkörperchen mit seinen queren Kernen. *c.* Zutretendes Nervenstämmchen mit kernhaltigem Neurilem. *d.* Nervenfasern, die das Körperchen umspinnen. *e.* Scheinbares Ende einer solchen. *B.* Eine Papille von oben, so dass die Mitte im scheinbaren Querschnitt gesehen wird. *a.* Rindenschicht der Papille mit Saftzellen. *b.* Nervenfaser. *c.* Kernhaltige Hülle. *d.* Tastkörperchen. *e.* Innere feingranulirte Substanz desselben. Vom Menschen. 350mal vergr. Mit Essigsäure.

Nervenfaser ein und endet dort zugespitzt. Die Tastkörperchen sind ebenfalls Bläschen von ovaler Gestalt mit dem Längendurchmesser senkrecht auf der Cutis aufstehend. Man kann auf Durchschnitten an ihnen eine wohl ebenfalls bindegewebige, wie es scheint geschichtete Hülle unterscheiden, die sich grob quergestreift durch querstehende Kerne von Bindegewebszellen (Kölliker, Gerlach), hie und da etwas gekerbt zeigt (Fig. 166). In das Innere treten ein oder mehrere Zweige von Nervenfasern ein, die dort endigen, doch ist ihre Endigungsweise noch nicht vollkommen sicher erkannt. Sicher ist es, dass sie sich dort sehr regelmässig verästeln, sodass Meissner anfänglich lehrte, dass ihre regelmässig verlaufenden Zweige den Schein der Querstreifung hervorbrächten. Am genauesten ist aus begreiflichen Gründen das makroskopische Pacini'sche Körperchen bekannt. Es zeigt ebenfalls eine ovale Gestalt. Eine

ziemliche Zahl von Bindegewebsschichten umgiebt einen mit homogener Masse gefüllten Hohlraum, in welchen eine Nervenfaser eintritt, um dort entweder zugespitzt oder in einige kurze Endzweige gespalten zu endigen. Das Neurilem zeigt sich schon vor dem Eintritt des Nerven geschichtet. Die Endverbreitung des Nerven scheint nur von dem Axencylinder herzurühren (Fig. 167).

Fig. 167. (*F.*)



Pacini'sches Körperchen aus dem Gekröse der Katze. *a* Nerv mit Perineurium, den Stiel bildend; *b* die Kapselsysteme; *c* der Axencanal oder Innenkolben, in dem getheilt die Nervenröhre endigt.

Es ist keine Frage, dass diese genannten Organe alle für die Druckempfindung günstig gebaut sind. Krause hat versucht experimentell nachzuweisen, dass eine verhältnissmässig kleine Veränderung des Lumens solcher Bläschen mit geschichteten Membranen umhüllt, schon eine nicht unbedeutende Druckschwankung in ihrem Inhalte hervorrufen müsse, welche wohl geeignet erscheint als mechanischer Reiz für den eingeschlossenen Nerven zu dienen. Er stellte diesen Organen ähnliche Gebilde aus mit Wasser gefüllten Darmstücken dar und dehnte sie in der Längenrichtung aus. Er sah, dass sie dabei ihr Lumen verkleinerten und damit einen Druck auf ihren Inhalt ausübten. Um diese Verkleinerung des Lumens zu ermöglichen, muss die Elasticität nach einer Richtung geringer sein als nach der andern, wie dies bei den Darmstücken der Fall ist und wie wir es analog für die fraglichen Organe auch voraussetzen können.

Derartige Gestaltsveränderungen der Tastorgane können natürlich durch von aussen wirkenden Druck oder Zug, oder durch Zusammendrücken der Organe durch in der Haut gelegene Ursachen hervorgerufen werden. Wir können es uns somit vorstellen, wie auch elektrische Reizung, ja sogar chemische Einflüsse, welche erstere in der Cutis gelegene Organe, Blutgefässe, organische Muskeln etc. contrahiren oder erweitern und somit die Druckverhältnisse in den Papillen mannichfach umgestalten kann, die Tastnerven zu erregen im Stande sind. Auch von den chemischen Reizen der Haut können wir durch Diffusion, Anschwellen der Epidermiszellen, stärkere Füllung der Blutgefässe derartige Druckschwankungen uns hervorgebracht denken, sodass die letzte Ursache des Reizes der Tastnerven stets die gleiche sein kann, woraus sich die überraschende Gleichheit der Empfindung erklärt. Wirken Elektricität oder chemische Reize sehr stark ein, so bekommen wir keine den Tastempfindungen (Kitzel) analoge Gefühle, sondern Schmerz, den wir aber auch durch intensiven mechanischen Reiz erzeugen können.

Die Empfindlichkeit der Haut.

E. H. WEBER, dem wir die bahnbrechenden Untersuchungen auf diesem Gebiete verdanken, versuchte es, die absolute Empfindlichkeit der Haut gegen Druckschwankungen zu prüfen. Er belastete eine Hautstelle mit zwei verschiedenen Gewichten nach einander und fand so den kleinsten Unterschied in den Gewichten, den man noch zu unterscheiden vermag, für die einzelnen Hautpartien nicht unwesentlich verschieden, was auch durch andere Methoden (GOLTZ) nachgewiesen werden kann, es gelingt so eine Scala der absoluten Empfindlichkeit der verschiedenen Hautstellen zu entwerfen.

Ohne Zweifel das Wichtigste an dem Tastsinne ist die Hülfe, welche er uns zur Beurtheilung der Gestalt der Körper, welche mit der Haut in Berührung kommen, gewährt. Wir sind im Stande uns ein Urtheil über die Gestalt der Körper zu verschaffen durch einfache Berührung, besser noch, wenn wir über sie mit verschiedenen Hautstellen hingleiten. Die tägliche Erfahrung lehrt, dass zu diesem Zwecke nicht alle Hautstellen gleich geschickt sind, bei weitem am geschicktesten zeigen sich nach der gewöhnlichen Beobachtung die Fingerspitzen und die Handfläche. Es stimmt dieses mit dem Resultate der mikroskopischen Untersuchung zusammen, welche die Mehrzahl der Tastorgane an den genannten Stellen aufgefunden hat. Die Gestalt der uns berührenden Körper beurtheilen wir nach dem verschieden starken an verschiedenen Orten der Hautfläche einwirkenden Druck. Rasche Abwechselung von Druck und Druckruhe bei dem Betasten der Körper deuten wir als eine gekerbte oder sonst rauhe Oberfläche; eine glatte Oberfläche giebt ein andauernd, gleichmässiges Druckgefühl, wenn wir mit den Tastorganen darüber hingleiten. Gewisse Veränderungen der Berührungsfläche des betasteten Körpers und unserer Haut während der mit leichtem Drücken verbundenen Berührung, deuten wir als durch Flüssigkeiten, harte oder mehr weniger weiche Substanzen hervorgerufen. Die räumliche Ausdehnung der Körper messen wir vermittelst des Tastsinnes entweder so, dass wir sie ganz zu umgreifen suchen, oder indem wir sie gleichzeitig mit verschiedenen Hautstellen z. B. mit zwei Händen begreifen. Auf die Erklärung dieses letzteren Vorganges können wir erst später (S. 653) eingehen, er setzt voraus, dass wir eine beständige genaue Vorstellung von der relativen Lage unserer einzelnen Körpertheile zu einander besitzen, welche wohl hauptsächlich durch das Muskelgefühl vermittelt wird.

Zu den übrigen eben genannten Wahrnehmungen ist eine genaue Ortskenntniss der Seele auf der Oberfläche ihres Körpers erforderlich. Wir sind im Stande mit überraschender Genauigkeit den Ort einer stattgehabten Berührung an der Hautoberfläche anzugeben. E. H. WEBER hat darüber messende Versuche angestellt. Die Methode derselben ist einfach und ingeniös. Er setzte einen Zirkel mit abgestumpften Spitzen auf die Haut auf bei geschlossenen Augen und bestimmte für die verschiedenen Hautstellen den Abstand, den beide Zirkelspitzen von einander haben dürfen, um bei gleichzeitigem Anlegen an die Haut eben zwei gesonderte Empfindungen zu geben. Die Resultate dieser Untersuchung sind ungemein in die Augen springend. Man kommt bei Anstellung dieser Versuche zu folgender Tabelle, welche selbstverständlich in den absoluten Grössen bei verschiedenen Men-

schen Schwankungen erleidet, deren relative Werthe jedoch sich stets wiederholen. Die Feinheit des Gefühles in den verschiedenen Theilen ist in der Tabelle nach dem Abstand der Zirkelspitzen angegeben, welcher nöthig ist, um zwei, nicht eine Empfindung hervorzurufen.

Zungenspitze	1/2‴
Volarfläche des dritten Fingergliedes	1
rothe Oberfläche der Lippen	2
Volarfläche des zweiten Fingergliedes	2
Dorsalfläche des dritten ,,	3
Nasenspitze	3
Volarfläche über den Capitula oss. metacarpi	3
Zungenrücken 1″ von der Spitze	4
nicht rother Theil der Lippen	4
Rand der Zunge 1″ von der Spitze	4
Mittelhand des Daumens	4
Spitze der grossen Zehen	5
Dorsalfläche des zweiten Fingergliedes	5
Volarfläche der Hand	5
Wangenhaut	5
äussere Oberfläche der Augenlider	5
Schleimhaut des harten Gaumens	6
Haut über dem vorderen Theile des Jochbeins	7
Plantarfläche des Mittelfusses der grossen Zehen	7
Dorsalfläche des ersten Fingergliedes	7
Dorsalfläche über den Capitula oss. metacarpi	8
Schleimhaut am Zahnfleisch	9
Haut hinten über dem Jochbein	10
unterer Theil der Stirn	10
unterer Theil des Hinterhauptes	12
Handrücken	14
Hals unter dem Unterkiefer	15
Scheitel	15
an der Kniescheibe	16
Haut über dem Heiligenbein	18
am Acromion	18
,, Gesäss	18
,, Vorderarm	18
,, Unterschenkel beim Knie und Fuss	18
,, Fussrücken bei den Zehen	18
auf dem Brustbein	20
am Rückgrat bei den 5 oberen Rückenwirbeln	24
,, ,, beim Hinterhaupt	24
,, ,, in der Lendengegend	24
,, ,, ,, ,, Mitte des Halses	30
,, ,, ,, ,, ,, ,, Rückens	30
in der Mitte des Arms	30
,, ,, ,, ,, Schenkels	30

Die oben erwähnte Scala für die absolute Empfindlichkeit ist der hier gegebenen ganz ähnlich mit der einzigen Ausnahme, dass die Zungenspitze hier nicht die erste Stelle in der Empfindlichkeit einnimmt.

Die geringste Entfernung, welche an verschiedenen Hautstellen gesondert empfunden wird, ist manchmal z. B. an den Extremitäten in der Querrichtung kleiner als in der Längenrichtung. Man kann bei derartigen Versuchen von einem Centrum aus nach der Peripherie die zweite Zirkelspitze ansetzen und kann auf diese Weise die Hautstellen umkreisen, welche bei der doppelten Berührung noch eine einfache Empfindung geben; man kommt dabei meist zu einer kreisförmigen Gestalt der Hautstellen, sodass man von »Empfindungskreisen« sprechen kann. Diese Empfindungskreise sind aber in den Extremitäten nach dem oben gesagten nicht rund, sondern oval, der grössere Durchmesser liegt in der Längenrichtung der Glieder.

Das Vermögen, die Empfindungen zu localisiren.

Diese Empfindungskreise sind nicht etwas absolut Feststehendes. Bei grösserer Uebung und Aufmerksamkeit können sie verkleinert werden, sodass sie im Allgemeinen bei Blinden von geringerem Umfang gefunden werden als bei Sehenden. Als Mittelpunct des Empfindungskreises ist der berührte Punct zu betrachten. Es ist selbstverständlich, dass sich um jeden ganz beliebig berührten Punct ein derartiger Empfindungskreis ziehen lässt, sodass man nicht in den Irrthum verfallen darf, als wäre die ganze Hautoberfläche in fixe neben einander liegende derartige Felder von verschiedener Grösse eingetheilt.

Schreiben wir der Seele eine fortwährende Vorstellung von dem Erregungszustande aller ihrer Nervenendigungen in der Haut und deren relativer Lage zu einander zu, so verstehen wir, wie mit Hülfe dieser Vorstellung Tastempfindungen gesondert wahrgenommen werden können. Zwei sehr nahe neben einander liegende Nervenendigungen bringen aber auf das Centralorgan zwar gesonderte und verschiedene Empfindungen hervor, deren Unterschiede aber so gering sind, dass sie nicht von einander getrennt werden können. Von einem weiter abgelegenen Nervenendorgane jedoch ist die hervorgerufene Empfindung schon so stark verschieden, dass sie als eine andere aufgefasst werden kann. Wegen dieser zu grossen Aehnlichkeit der erregten Empfindung von zwei einander sehr nahe gelegenen Hautstellen aus, kommt es, dass die Seele sie nicht gesondert aufzufassen vermag. Die Empfindungskreise haben somit keine feststehende anatomische Basis, sie können mit der Uebung veränderlich sein; sobald die Seele sich gewöhnt auch auf kleinere Unterschiede in der Empfindung noch zu achten, wird sie auch von zwei sich näher liegenden Endorganen noch die Empfindungen gesondert aufzufassen vermögen. Alle Uebung kann dabei jedoch selbstverständlich den relativen Mangel an Sinneswerkzeugen in den unempfindlicheren Hautstellen nicht ausgleichen, sodass die dadurch hervorgerufenen Unterschiede niemals verschwinden können.

Man hat, insofern die Seele ein Bewusstsein von dem Zustand und der Lage der einzelnen Empfindungskreise besitzt, die Oberfläche des Körpers »Tastfeld« genannt. Die Localkenntniss der Seele auf ihrem Tastfelde ist sicherlich etwas Erlerntes. So genau sie sich bei Erwachsenen zeigt, so

haben doch Kinder dieses Localisirungsvermögen für Empfindungen auf ihrer Hautoberfläche nur in sehr unvollkommenem Grade, wovon man sich täglich schlagende Beweise verschaffen kann, da sie den Sitz ihrer Schmerzen nur sehr wenig genau anzugeben vermögen. Die angeführte Beobachtung bei Verlagerung von Hautstellen, wobei sich nach längerer Zeit der Ortssinn wiederherstellen soll, ist ebenso ein Beweis für die gemachte Behauptung, die sich auch für das Sehorgan, das sich durch seinen vollkommenen Ortssinn auszeichnet, rechtfertigt. Trotz des geringeren Ortssinnes will man bei Kindern die Empfindungskreise kleiner gefunden haben als bei Erwachsenen, was sich aus der gleichen Anzahl auf einen geringeren Raum, der kleineren Körperoberfläche entsprechend, zusammengedrängten Endorganen erklären lassen würde. Nach Krause soll der Abstand der Zirkelspitzen stets etwa 12 Tastkörperchen umfassen, sodass also erst die von dem ersten und dreizehnten vermittelte Empfindung sich soweit trennen liessen, dass sie gesondert aufgefasst werden können. Man sieht aus dieser Angabe, dass anatomische Grundlage zur zwölffachen Verfeinerung unserer Ortsempfindung vorhanden ist, ein Ausbildungsgrad, welcher bei der Haut jedoch an keiner Stelle erlangt wird, während er von den empfindenden Endorganen des Auges in Wahrheit erreicht ist. Dort kann, wie es scheint, die Erregung jedes einzelnen Endorganes gesondert empfunden werden.

Eigentliche Tastempfindungen können in dem sensiblen Nerven nur von den Endorganen aus erregt werden. Reizen wir die Stämme, so haben wir zwar eine Empfindung, die wir betreffenden Falles in den Ausbreitungsbezirk des Nerven verlegen, es sind dieses aber keine Tast-, sondern Schmerzempfindungen.

II. Der Temperatursinn.

Die zweite Art der von der Haut vermittelten Empfindungen ist die Temperaturempfindung. Sie ist von der Tastempfindung wesentlich verschieden, sodass es wahrscheinlich wird, dass andere Nervenendorgane, die wir jedoch vorläufig noch nicht kennen, zur Vermittelung der Erregung durch verschiedene Temperaturen in der Haut vorhanden sind neben den Tastorganen. Für die Sonderung des Temperatursinnes von den anderen Gefühlsempfindungen der Haut sprechen vor allem Beobachtungen wie die Nothnagel's, dass bei einer Empfindungslähmung im Bereiche des Nervus ulnaris (durch Stoss an den Ellbogen) alle Qualitäten des Tastsinnes sich abgestumpft zeigten, während der Temperatursinn keine Unterschiede auf der kranken und gesunden Seite erkennen liess.

Die Empfindungen der Wärme und Kälte gehen bei ihrer Steigerung zuerst in Hitze- und Frostgefühl über, schliesslich ist jedoch die Schmerzempfindung der Temperaturnerven die gleiche, äusserste Kälte und Hitze wird gleichmässig als Brennen empfunden. Die Erregung der Temperaturnerven scheint auch durch Elektricität und chemische Einflüsse erzeugt werden zu können. Wenigstens ist der brennende Schmerz an der Haut durch die genannten Agentien

kaum von dem durch Hitze hervorgerufenen zu unterscheiden. Das Wärme- und Kältegefühl wird hervorgerufen durch Abkühlung und Erwärmung der Haut. Es tritt unter der Einwirkung kalter oder warmer Körper auf die Haut ausser der directen Veränderung ihrer Eigenwärme noch eine secundäre unterstützende Erscheinung auf, welche die betreffende Gefühlsempfindung erhöht. Unter dem Einfluss der Kälte contrahiren sich wie alle Arterien so auch die arteriellen Gefässe der Haut, durch Wärme erweitern sie sich. Dadurch wird der Blutzufluss zur Haut entweder gesteigert oder verringert, was eine Erwärmung oder stärkere Abkühlung wegen der stärker oder geringer fliessenden Wärmequelle zur Folge hat. Ein Krampf der Hautarterien allein kann somit schon Kältegefühl im Fieberfrost hervorrufen, wenn auch die Gesammttemperatur des Körpers dabei eine abnorm gesteigerte ist.

Die Empfindlichkeit der Temperaturnerven für Temperaturschwankungen ist an den verschiedenen Körperstellen ähnlich verschieden wie das Tastvermögen. Indem er den kleinsten Unterschied aufsuchte in der Temperatur zweier die Haut berührender Stoffe, welcher noch wahrgenommen werden konnte, kam E. H. Weber zu einer Scala der Hauttheile, welche mit der Zungenspitze beginnt, wie die oben gegebene und mit dem Rumpfe endigt. Die Extremitäten ordnen sich dabei nicht regelmässig ein. Die Temperaturunterschiede, welche noch unterschieden werden können, liegen zwischen + 10 und + 47° C. Höhere oder niedere Wärmegrade können nicht mehr genau geschätzt werden; je weiter sie sich von den angegebenen Grenzwerthen entfernen, desto weniger gelingt eine Schätzung, da hiebei bei der Berührung nur ein intensiver Schmerz, der eine Unterscheidung nicht mehr zulässt, eintritt. Nach Nothnagel liegt das feinste Unterscheidungsvermögen für Temperaturunterschiede zwischen 27° bis 33° C.; zwischen 33° bis 39° aufwärts und von 27° bis 14° abwärts sinkt die Feinheit der Temperaturempfindung nur langsam, während sie von 39° bis 49° aufwärts und 14° bis 7° ziemlich schnell wesentlich unsicherer wird. Indem man längere Zeit Wärme oder Kälte auf die Haut einwirken lässt, kann man die Feinheit des Temperatursinnes beeinträchtigen. Von Epidermis entblösste Haut reagirt auf Temperaturschwankungen lebhafter als die unversehrte.

Würden wir annehmen, dass die Veränderung der Blutzufuhr zur Haut und damit zu den Endigungen der Temperaturnerven der normale Reiz für diese Organe sei, so würden wir verstehen, wie elektrische und chemische Reizung der Haut, welche die Blutzufuhr zu ihr verändern, scheinbare Temperaturempfindungen hervorzubringen vermögen. Wie freilich die eigentliche Umsetzung in einen Nervenreiz hier zu Stande kommen möge, ist vorerst noch unerklärt. Soviel steht aber fest, dass auch zur Hervorrufung dieser specifischen Empfindung die Erregung der Endorgane unumgänglich nöthig ist. Reizen wir die Nervenstämme, in denen Temperaturnerven verlaufen, direct durch Kälte, so bekommen wir zwar eine Schmerz- aber keine Temperaturempfindung. Am Ellenbogen liegt der Nervus ulnaris so nahe unter der Haut, dass er durch Eintauchen des Ellenbogens in eine Kältemischung leicht erregt werden kann. Man spürt dann, wie E. H. Weber zeigte, einen heftigen Schmerz, den wir aber nach den Principien der Sinnesphysiologie nicht in die gereizte Nervenstelle, sondern in ihre Endorgane in den Fingerspitzen

verlegen. Dieser Schmerz, dsr sich in Nichts mit einer Temperaturempfindung vergleichen lässt, ist so stark, dass er das locale Kältegefühl an der eingetauchten Hautstelle am Ellenbogen, das anfänglich natürlich vorhanden ist, endlich ganz übertäuben kann.

Je rascher die Wärmeabgabe eines Stoffes ist, desto wärmer oder kälter erscheint er, da seine Einwirkung auf die Haut wirklich seinem Wärmeleitungsvermögen entsprechend eine intensivere oder weniger intensive in der Zeiteinheit ist. Metall oder Stein scheint demnach bei gleicher Temperatur kälter oder wärmer als Holz.

Die oft gemachte Behauptung, dass der Haut das Vermögen zur Schätzung der absoluten Temperatur abgehe, ist bis zu einem gewissen Grade unrichtig. Jeder Badediener, der die absolute Temperatur seines Bades bis zu 1 oder sogar $^1/_2{}^0$ genau anzugeben vermag, wenn er seinen Ellenbogen in das Wasser hineinsenkt, ist ein schlagender Gegenbeweis. Der absolute Thermometer, der hiebei verwendet wird, ist die constante Eigentemperatur des gesunden Menschen, wie sie sich in den von Wärmeabgabe möglichst geschützten Körperstellen findet. Eine solche Stelle mit constanter Temperatur ist nicht nur die Achselhöhle, sondern auch die Ellenbogenbeuge. Wenn wir, wie es bei der Temperaturmessung des Bades geschieht, den Arm im Gelenke beugen, so setzen wir dort die Wärmeabgabe dadurch so herab, dass diese Stelle die Normaltemperatur des Körpers erlangt. Es braucht jedoch nach dieser Richtung für die absolute Schätzung ebenso gut einer fortgesetzten Erziehung der Sinnesorgane wie noch anderer. Dieses absolute Wärmeschätzungsvermögen schwankt in den gleichen Grenzen wie das oben besprochene relative aus dem gleichen Grunde. Da der hier gebrauchte Thermometer die normale Eigentemperatur der Haut ist, so ist es einleuchtend, dass das Schätzungsvermögen nach den Schwankungen der Eigentemperatur sich modificiren müsse. Die vollkommen abnormen Zustände im Fieberfrost, in welchem die Hauttemperatur gegen die normale erhöht gefunden wird, können die Behauptung des absoluten Schätzungsvermögens nicht entkräften.

Man hat Versuche (Czermak), die Gefühlskreise für Tastempfindungen bei gleichzeitigen Temperaturempfindungen zu bestimmen. Es zeigt sich, dass bei dem Zirkelversuche die Spitzen näher aneinander gebracht werden können und doch noch gesondert empfunden werden, wenn die beiden Spitzen verschiedene Temperaturen haben, wenn sich also mit der Tastempfindung Temperaturempfindung mischt. Es summiren sich gleichsam beide Reize: der Druck- und Temperaturreiz zu einer verstärkten (doppelten) Erregung des Centralorganes von der getroffenen Stelle aus, sodass zwei an sich qualitativ sehr ähnliche Druckempfindungen durch die Hinzufügung der Temperaturempfindung zu der einen hinlänglich verschieden werden, um gesondert auffassbar zu sein. Aus einem ähnlichen Grunde erklärt es sich, warum man die Empfindungskreise kleiner bekömmt, wenn die eine Zirkelspitze stumpf, die andere spitz ist; die letztere wirkt bei dem Aufsetzen stärker reizend. Die Druckversuche Weber's mit verschieden temperirten Gewichten ergeben das gleiche Resultat. Ein kälteres Gewicht erscheint schwerer als ein wärmeres, weil sich mit dem Druckreiz an der einen Stelle noch der Kältereiz verbindet zu einer gesteigerten Empfindung.

In den letzterwähnten Fällen wurde die leichtere Differenzirung zweier Reizempfindungen vermittelt durch eine doppelte Reizung an einer Stelle, wodurch ein Summeneffect zu Stande kam. Der Effect eines sensiblen Reizes nimmt natürlich auch dann zu, wenn mehr Nervenendigungen gleichzeitig von demselben Reize getroffen werden. Tauchen wir in zwei Gefässe von gleicher Temperatur in das eine die ganze Hand, in das andere nur einen Finger, so scheint das erstere wärmer als das andere zu sein. Die vielen gleichzeitigen Reize summiren sich zu einem grösseren Effecte als die weniger zahlreichen, obwohl die absolute Reizstärke jedes einzelnen Nervenendorganes ganz die gleiche ist in beiden Fällen. Das Vermögen, relative Unterschiede der Temperaturen zu schätzen, das für gewöhnlich ja sehr scharf ist, wird durch den genannten Umstand oft soweit beeinträchtigt, dass man zwei Temperaturen in verkehrter Weise für verschieden hält als sie es in Wahrheit sind. Man hält unter diesen Umständen nach Weber Wasser, welches $+ 29\frac{1}{2}^0$R. warm ist, und in das man die ganze Hand eintaucht, für wärmer als Wasser von $+ 32^0$R., in das man nur den Finger hereinbringt. In dieselbe Täuschung verfällt man, wenn man Wasser von $+ 17^0$R. und $+ 19^0$R. auf dieselbe Weise untersucht.

Es deuten die Beobachtungen über Tast- und Temperatursinn darauf hin, dass die Annahme zu Recht besteht, dass die im Nerven angeregten Bewegungen in unserem Gehirne zu unserem Bewusstsein kommen. Je näher die Hautstellen einander liegen, auf welche die Eindrücke gleichzeitig gemacht werden, und vermuthlich also auch, je näher einander die Theile des Gehirnes liegen, zu welchen die Eindrücke fortgepflanzt werden, desto leichter fliessen die Empfindungen in eine zusammen, je entfernter sie aber von einander sind, desto weniger ist es der Fall (Weber).

Es beweisen gleichzeitig diese Experimente, wie die gesonderte Empfindung zweier an verschiedenen Stellen einwirkender sensiblen Eindrücke gerade wegen ihres Zusammenfliessens, trotz der Einwirkung der Erziehung auf unser Bewusstsein, doch über eine bestimmte Grenze heraus oder vielmehr herein nicht mehr möglich ist. Die Bewegungserscheinungen in benachbarten centralen Empfindungsorganen sind sich nicht nur sehr ähnlich, sodass sie schwer eine von der anderen weggekannt werden können, sie fliessen überdies, da ein Centralorgan nächst benachbarte mit in seine Bewegung hineinzieht, in einander über.

III. Gemeingefühl.

Die sensiblen Nervenendigungen in den übrigen Körperorganen, mit Ausnahme der Sinneswerkzeuge und der Haut, sind noch fast vollkommen unbekannt. Die Gefühlsempfindungen in ihnen sind in mancher Beziehung, besonders in den Muskeln den Tastempfindungen analog, doch sind die Nerven der inneren Körperorgane, namentlich der Körperhöhlen, auch deutlich für Temperaturreize empfindlich. Im Unterleibe rufen, nach den übereinstimmenden Aussagen von allen betreffenden Kranken, plötzliche in ihn erfolgende

starke Blutergüsse durch Gefässzerreissungen ein Gefühl von Wärme und Druck hervor.

Die Knochen, Sehnen, Knorpel, Bindegewebe, sind wie das Fettgewebe für normal unempfindlich, doch können in krankhaften Zuständen alle diese Organe Schmerz erregen. Ueberhaupt ist es bei den betreffenden Organen vor allem das Schmerzgefühl, was zur Empfindung kommt. Ein ganz gesunder Mensch wird durch keine Empfindung von seiner Körperanatomie, von der Lage seiner Eingeweide z. B. unterrichtet, so genau in Folge von Krankheiten das Bewusstsein von ihnen Kenntniss hat.

Von den Endorganen der sensiblen Nerven der betreffenden Organe sind fast allein die Vater'schen Körperchen im Mesenterium der Katzen, sowie dieselben Organe an den Gelenken (Rüdinger, Rauber) bekannt.

In den Muskeln, in denen das Gemeingefühl am stärksten und am feinsten ausgebildet ist, fehlt noch alle Kenntniss der sensiblen Nervenendigungen, da sich die Beobachtungen Kühne's u. A. nur auf die motorischen Nerven beziehen.

Das Muskelgefühl leistet uns zwei sehr wesentliche Dienste. Es unterrichtet uns nicht nur stets von der jeweiligen Lage unserer Glieder und Hautstellen überhaupt zu einander, sondern es sind auch die Muskeln, vermittelst welcher wir den Grad der Anstrengung bemessen, welcher erforderlich ist, um den uns geleisteten Widerstand zu überwinden.

Auf gewöhnliche sensible Nervenreize zeigen sich die gesunden Muskeln nicht empfindlich. Man kann sie bei Operationen zerschneiden und quetschen, ohne dass, wenn nicht ein Nerve direct getroffen wird, Schmerzäusserungen dadurch veranlasst würden. Hingegen sind die Muskeln sehr empfindlich für das Gefühl der Anstrengung — Ermüdung —, welches in extremen Fällen in einen intensiven Schmerz übergehen kann. Hierher gehören die Schmerzen durch starke Muskelarbeit, die ungeheure Schmerzhaftigkeit tetanischer Krämpfe z. B. des Wadenkrampfes, der Uteruscontractionen. Vor allem aber ist hier zu nennen das feine Gefühl, welches die durch den Willen hervorgebrachte Zusammenziehung der Muskeln begleitet.

Das Gefühl der Ermüdung, welches durch die anhaltende Muskelcontraction hervorgerufen wird, überdauert seine Ursache lange Zeit, wie man nach angestrengten Fussmärschen oder nachdem man seinen Arm lange Zeit gestreckt hatte, an sich selbst zu beobachten Gelegenheit findet. E. H. Weber, dem wir auch hier die Grundversuche verdanken, hat zuerst den Gedanken ausgesprochen, dass die in Folge der Contraction auftretende chemische Veränderung der Muskelsubstanz das Empfindung und Schmerz erregende Moment sei. Seitdem wir sicher wissen, dass die objectiven Ermüdungserscheinungen diese Ursache haben, gewinnt diese Anschauung sehr an Gewicht, wir verstehen nun auch wie es kommen konnte, dass Bichat, sobald er reizende Flüssigkeiten, wie Tinte, verdünnte Säuren oder Wein in die Arterien lebender Thiere spritzte, heftigen Schmerz entstehen sah. Die genannten sauren Stoffe wirkten der Milchsäure oder dem sauren phosphorsauren Kali, die im contrahirten Muskel entstehen, wahrscheinlich vollkommen gleich, indem sie in die Muskelsubstanz aus den Blutgefässen eindrangen. Daraus wird es uns auch klar, dass das Ermüdungsgefühl einige Zeit andauert, bis eben die Bluteirculation Zeit hatte die gebildeten, schmerzerregenden Muskelschlacken abzu-

führen. Bei allen Krankheiten mit verminderter Circulationsenergie, sowie bei solchen, welche mit einer raschen Consumtion der Körperstoffe, also mit gesteigerter Bildung der Zersetzungsproducte aller Organe, also auch der Muskeln, einhergehen, findet sich darum aus der gleichen Ursache das Ermüdungsgefühl, die Abgeschlagenheit, die dann bei hinzukommenden Anstrengungen oder auch ohne sie so leicht in Ermüdungs- oder Muskelschmerzen übergehen kann.

Die Empfindung von dem Grade der erforderlichen Anstrengung zur Ueberwindung eines uns geleisteten Widerstandes ist so fein, dass er uns Dienste leistet wie ein Sinn, den man nach Weber Kraftsinn nennen könnte. Man kann mit seiner Hülfe, ganz unabhängig von dem Tastsinn, den Unterschied zweier Gewichte noch genauer bestimmen als mittelst des Tastsinnes. Man erkennt noch richtig Gewichte als verschieden schwer, die sich wie 39 — 40 verhalten. Wir wissen durch Erfahrung, welche Anstrengung bestimmter Muskeln dazu erforderlich ist, um unsere Glieder in eine gewisse Lage zu versetzen und sie darin zu erhalten, so genau, dass wir jeden Augenblick durch den Zustand der Anstrengung der einzelnen Muskeln, in dem sich diese gerade befinden, anzugeben vermögen, in welcher Lage sich unsere Glieder befinden, auch ohne dass wir sie sehen oder dass sie sich gegenseitig berühren. Es ist einleuchtend, wie diese Lagekenntniss der Glieder zu einander ebenso zur Grössen- und Gestaltswahrnehmung mit beiden Händen ergriffener Gegenstände benutzt werden kann, wie zur Erhaltung des Gleichgewichtes beim Stehen und Gehen.

Die Feinheit und Sicherheit der Muskelcontraction, beruhend auf den eben genannten Ursachen, die, wenigstens die vorläufige Schätzung des zur geforderten Muskelaction nöthigen Impulses vom Nerven aus, theilweise im Gehirn zu Stande kommen, überrascht unstreitig am meisten bei der Ton- und Buchstabenbildung im Kehlkopf und der Mundhöhle, beim Singen und Sprechen.

Das Muskelgefühl bringt in manchen speciellen Fällen nicht nur den jeweiligen Zustand des Muskels selbst zum Bewusstsein, sondern es verbinden sich mit ihnen auch oft ganz bestimmte Phantasievorstellungen. Weber bemerkt, dass Contractionen gewisser Gesichtsmuskeln, durch welche wir bestimmte Mienen hervorbringen, sich leicht mit den Vorstellungen verbinden, für welche der betreffende Gesichtsausdruck charakteristisch ist, sodass sie hie und da allein schon genügen eine gewisse Seelenstimmung in uns hervorzurufen. Umgekehrt verschwinden letztere leichter, wenn die typische Contraction der Gesichtsmuskeln verändert wird, wenn wir z. B. mit der Hand gewisse Runzeln der Stirn glätten, wenn wir unserem Gesicht im Gegensatz zu unserer gerade vorhandenen Gemüthsstimmung einen frohen oder wenigstens ruhigen Ausdruck ertheilen. —

Die sensiblen Nerven der Haut stammen aus den hinteren Wurzeln der Rückenmarksnerven, während, wie schon erwähnt, die vorderen der willkürlichen Bewegung vorstehen (Bell'sches Gesetz). Durchschneidet man die hinteren Wurzeln, so hört damit die Empfindung in den von ihnen innervirten Theilen vollkommen auf. Das centrale, mit dem Rückenmark zusammenhängende Ende ist natürlich noch empfindlich und ruft gereizt starke Schmerzempfindungen hervor. Solange die hintere Wurzel noch unversehrt existirt,

zeigt sich die vordere, motorische Wurzel auf Reiz ebenfalls, wenn auch viel schwächer als die hintere empfindlich. Diese scheinbare Sensibilität hört jedoch auf, sobald die hintere Wurzel durchschnitten ist (MAGENDIE). Man versteht dieses seltsame Verhalten, wenn man annimmt, dass im Ganglion spinale von der hinteren Wurzel Fäden auf die vordere Wurzel übergehen, die dem Rückenmark zu verlaufen, also wieder rückläufig umbiegen. Es muss diese »rückläufige Sensibilität« verschwinden, wenn die hintere Wurzel durchschnitten ist, durch welche die rückläufigen Nerven mit ihren Centralorganen zusammenhängen.

Die sensiblen Muskelnerven sind noch wenig erforscht. Man hat zu den Augenmuskeln, die bekanntlich ihre motorischen Nerven vom N. Oculomotorius, Trochlearis und Abducens erhalten, auch dünne Aeste eines Empfindungsnerven, des Ramus ophthalmicus des Trigeminus verfolgt. Unstreitig gehen auch zu den anderen Muskeln sensible Fasern, die sich den motorischen Nervenstämmen durch Anastomosen beimischen. Die verschiedene Anzahl derselben ist wohl der Grund der verschieden starken Ausbildung des Muskelgefühles in den verschiedenen Muskeln.

Siebenundzwanzigstes Capitel.

Der Gesichtssinn.

Abschnitt I.

Der optische Apparat des Auges.

Es hat sich in neuerer Zeit die Ophthalmologie als eine eigene Disciplin von der Physiologie und Chirurgie abgezweigt. Glänzende Entdeckungen haben das Gebiet zu dem abgerundetsten und vollkommensten der gesammten Lehre von den Verrichtungen des menschlichen Organismus in seinem normalen und krankhaft gestörten Verhalten gemacht. Es ist unmöglich, in eng gesteckten Grenzen, das Ganze übersichtlich darzustellen. Wir müssen uns an diesem Orte darauf beschränken, eine kurze schematische Uebersicht über die hier obwaltenden Verhältnisse zu gewinnen, den trefflichen Specialwerken in diesem Gebiete die weitere, eigentlich wissenschaftliche Ausführung überlassend.

Einige optische Regeln.

Es hat seit alten Zeiten kein Organ des menschlichen Körpers das bewundernde Interesse in dem hohen Maasse auf sich gelenkt als das Auge. Seine Bildung in dem dunklen, mütterlichen Schoosse so vollkommen darauf berechnet, den ihm während seiner Entstehung völlig fremden Lichteindruck dem verstehenden Seelenorgane zuzuleiten, hat von jeher für den in der Natur waltenden Zweckbegriff, den eine neuere Anschauungsweise der natürlichen Verhältnisse zu verbannen bestrebt ist, beweisend geschienen.

Der Sehnerve, der in das Auge sich einsenkt, dem dasselbe seine Functionsmöglichkeit verdankt, kann zwar in seiner Continuität von den gewöhnlichen Nervenreizen erregt werden, unter denen bekanntlich der elektrische Strom am wirksamsten ist, aber nur der Endausbreitung desselben: der Retina oder Netzhaut des Auges und zwar nur den in ihr gelegenen Endorganen der Sehnervenfasern kommt die Fähigkeit zu, die Schwingungen

des Lichtäthers als Reiz aufzufassen und durch diesen in der Seele den Eindruck des Lichtes hervorzurufen.

Das Licht macht die ganze Sichtbarkeit zu einer feinen Mosaik leuchtender Puncte. Jeder körperliche Punct sendet seine Strahlen aus und betheiligt sich somit an der Herstellung dieser Mosaik. Auch die flächenhafte Ausbreitung des Sehnerven, die Netzhaut zeigt sich der Aussenwelt analog aus einer ungemein zarten Mosaik von Nervenendorganen zusammengesetzt, sodass die in das Auge fallenden Lichtstrahlen von einem Object ausgehend vermittelst der Reizung dieser Endorgane ein musivisches Bild des gesehenen Objectes in den Seelenorganen entwerfen können, in welchem die relative Lage der einzelnen Lichtstrahlen durch entsprechende, im Perceptionsorgane neben einander stattfindende Reizzustände wiedergegeben ist.

Das Auge des Menschen ist ein optischer Apparat, dem bekannten Instrumente der Camera obscura analog. Wie bei dieser auf der — hinter der die Strahlen aufnehmenden Sammellinse in bestimmter Entfernung stehenden — matten Glastafel, so entstehen auch auf dem Augenhintergrunde auf der dort ausgebreiteten Netzhaut Bilder der äusseren leuchtenden Objecte, die hier wie da zwar dem Objecte, das sie erzeugt, in Form und Farbe vollkommen entsprechen, die sich aber wesentlich verkleinert und umgekehrt zeigen. Wir können an dem ausgeschnittenen von den anhangenden Gewebsresten frei präparirten Auge eines weissen Kaninchens, dessen Augenhäute des mangelnden Farbstoffs wegen sehr durchsichtig sind, das Bild äusserer Objecte z. B. einer Kerzenflamme auf dem der Hornhaut gegenüberliegenden Theile der weissen Augenhaut, wenn wir die Hornhaut gegen das Licht halten und das Auge von hinten betrachten, ebenso deutlich sehen, wie auf der matten Glastafel der Camera obscura. Es zeigt sich dann ebenso verkleinert und verkehrt, sonst aber alle Theile des Bildes in genau derselben Anordnung wie in dem Objecte selbst. Dieses Bild nun ist es, nicht die äusseren Objecte, was wir sehen, die einzelnen Lichtpuncte, aus denen es mosaikartig zusammengesetzt ist, wirken als Reize auf die percipirenden Endorgane des Opticus ein.

Die von einem frei im Raum gedachten leuchtenden Puncte ausgehenden Lichtstrahlen bilden, da sie sich nach allen Richtungen verbreiten eine Strahlenkugel. Befindet sich unser Auge in der Stellung, dass Strahlen von dem leuchtenden Puncte aus in dasselbe einfallen können, so bilden selbstverständlich diese Strahlen ein kegelförmiges Büschel, dessen Spitze in dem leuchtenden Puncte, dessen Basis auf der Hornhaut des Auges, die allein Licht einfallen lässt, sich befindet. Es ist klar, dass aus diesem Strahlenbüschel die Netzhaut selbst sich nicht das Bild eines leuchtenden Punctes entwerfen könnte. Es müssen dazu diese Strahlen erst wieder zu einem Bildpuncte vereinigt werden. Um für den leuchtenden Punct, dessen Strahlen das Auge treffen, einen Bildpunct im Auge selbst und zwar auf der Netzhaut zu entwerfen, müssen die büschelförmig divergirenden von einem Centrum ausgehenden Lichtstrahlen convergent gemacht werden, sie müssen so gegen einander zu gebrochen werden, dass sie sich in einem Puncte, der in der Netzhaut selbst liegt, schneiden. Wir wissen, dass diess Schneiden der homocentrischen Strahlen in einem Bildpuncte durch optische Vorrichtungen erreicht werden kann, dass man den Strahlenbüschel durch eine convexe,

linsenförmig oder kugelig gekrümmte Fläche hindurchtreten lässt, welche zwischen Luft und einem anders (stärker) lichtbrechenden Medium sich befindet. Je nach der Krümmung der Fläche, oder je nachdem die auffallenden Strahlen mehr weniger divergiren, entsteht hinter einer solchen Fläche der Bildpunct in grösserer oder kleinerer Entfernung. Natürlich kommt hiebei auch das Brechungsvermögen der brechenden Substanzen in Frage. Bekanntlich besitzen derartige optische Vorrichtungen mit einer brechenden Fläche einen hinter ihnen gelegenen fixen Bildpunct, in welchem alle parallel zu ihrer Axe einfallenden Lichtstrahlen vereinigt werden, den Brennpunct. Nahezu in den Brennpunct fallen die Vereinigungspuncte aller von weiter Entfernung her die brechende Fläche treffenden Strahlen, die ja, da ihr im Objectpunct gelegener Schneidepunct in weiter, für diese Betrachtung unendlich weiter Entfernung von der brechenden Fläche liegt, als parallel angesehen werden können.

Um uns eine sichere Vorstellung davon machen zu können, an welchem Orte der Bildpunct eines Objectpunctes hinter der brechenden Fläche entsteht, müssen wir nur an einige einfache optische Gesetze erinnern.

Wenn ein Lichtstrahl aus einem durchsichtigen Medium in ein anderes übergeht, so wird er an der Eintrittsstelle in das zweite Medium gewöhnlich aus seiner Richtung abgelenkt, gebrochen. Lassen wir den betrachteten Lichtstrahl von irgend einer Richtung auf die brechende Fläche — die Grenzfläche des zweiten Mediums — auffallen, und errichten auf dem Puncte der brechenden Fläche, an dem er in dieselbe eintritt, eine in derselben Ebene wie der einfallende Strahl liegende Senkrechte, so nennt man diese: Einfallsloth. Der einfallende Strahl geht nun trotz der Brechung, die er erleidet, in der gleichen Ebene in dem zweiten Medium fort, er wird aber dem Einfallsloth zu gebrochen wenn er von einem dünneren in ein dichteres Medium z. B. von Luft in Wasser übergeht. Der Winkel welchen der einfallende Strahl mit dem Einfallsloth macht, wird als Einfallswinkel, der Winkel den der gebrochene Strahl zur Verlängerung des Einfallslothes in dem brechenden Medium bildet, als Brechungswinkel bezeichnet. Nach dem Ebengesagten ist der Einfallswinkel grösser als der Brechungswinkel, wenn der Strahl aus einem dünneren in ein dichteres Medium übergeht, wie dieses bei dem Auge der Fall ist, wo die durchsichtigen Augenmedien stärker als die Luft brechen; das Umgekehrte ist der Fall, wenn der Strahl aus einem dichteren sich in ein dünneres begiebt, der Strahl wird dann vom Einfallsloth weggebrochen; dichtere Substanzen haben ein stärkeres Brechungsvermögen als weniger dichte. Fällt ein Strahl in der Richtung des Einfallslothes auf die brechende Fläche auf, so wird er nicht gebrochen, er geht ohne seine Richtung zu verändern durch das brechende Medium hindurch.

Ist die brechende Fläche ein Abschnitt einer Kugelfläche, so stehen alle in der Richtung des Radius einfallende Strahlen auf ihr senkrecht, sie gehen also ungebrochen durch, indem sie sich alle im Mittelpuncte der Kugelfläche in ihrem: Knotenpuncte schneiden, alle diese senkrecht einfallenden Strahlen werden Hauptstrahlen genannt.

Hat die brechende Fläche eine bestimmte parabolische Krümmung, oder stellt sie nur ein sehr kleines Stück einer Kugelfläche dar, so werden alle von

einem Puncte ausgehenden Strahlen nach ihrer Brechung wieder in einem Puncte, dem Bildpuncte vereinigt. Eine Linie, welche durch die Mitte des Kugelabschnittes oder die Linsenfläche und durch ihren Knotenpunct geht, heisst Axe. Der Ort wo diese die brechende Fläche berührt wird Hauptpunct genannt. Für parallel mit der Axe der gekrümmten Fläche einfallende Strahlen hat der Bildpunct eine ganz bestimmte Lage: den Brennpunct, der in der verlängerten Axe liegt. Gehen von dem Bildpuncte Strahlen aus, so machen sie den gleichen Weg wie die einfallenden Strahlen, nur umgekehrt, sie vereinigen sich in dem Objectpuncte zu ihrem Bildpuncte.

Jede Linsenfläche hat zwei Brennpuncte, einen vorderen oder einen hinteren. In dem hinteren Brennpuncte werden alle senkrecht zur Axe einfallenden Strahlen in einem Puncte der Axe vereinigt. Die von dem vorderen Brennpuncte ausgehenden die brechende Fläche divergirend treffenden Strahlen werden von jener so gebrochen, dass sie nach der Brechung parallel mit einander fortgehen, sodass wir den vorderen Brennpunct, wenn wir die in ihm sich vereinigenden Strahlen von hinten der brechenden Fläche her verfolgen, als das genaue Abbild des hinteren Brennpunctes erkennen. Der vordere Brennpunct liegt ebensoweit vor der brechenden Fläche wie der hintere hinter ihr.

Es ist nach dem Gesagten, besonders für parallel mit der Axe einfallende Strahlen leicht, den Bildpunct aufzufinden. Liegt der Objectpunct unendlich weit entfernt innerhalb der Axe, so liegt sein Bildpunct, der Vereinigungspunct seiner mit der Axe parallel einfallenden Strahlen, in der verlängerten Axe und zwar im Brennpuncte. Liegt ein Objectpunct auch unendlich weit entfernt aber nicht in der Axe, so vereinigen sich seine Strahlen zu einem Bilde in einer senkrecht auf die Axe durch den Brennpunct gelegenen Ebene: in der Brennebene. Ist die Brennebene bekannt, so kann man den Bildpunct einfach so construiren, dass man von dem Objectpunct einen Hauptstrahl durch den Knotenpunct der brechenden Fläche zieht; wo dieser die Brennebene berührt, entsteht das Bild.

Um für einen beliebig gelegenen Punct den Bildpunct zu finden, zieht man am bequemsten von ihm aus ebenfalls einen durch den Knotenpunct gehenden Hauptstrahl, auf dessen Verlängerung sich irgendwo der Bildpunct finden muss, der Punct, in welchem sich alle von dem Object ausgehenden Strahlen schneiden. An Stelle aller anderen Strahlen wählt man, um diesen Schneidepunct aufzufinden, einen von dem Object ausgehenden, mit der Axe parallel laufenden Strahl, der, da sich alle parallel mit der Axe einfallenden Strahlen im Brennpuncte schneiden, durch den Brennpunct gehen muss, der also eine ganz bestimmte, leicht zu ziehende Lage hat. Man braucht den Punct, wo er die brechende Fläche berührt, nur durch eine Linie mit dem Brennpunct zu vereinigen und diese entsprechend zu verlängern, so wird sie sich mit dem zuerst gezogenen Hauptstrahl an irgend einer Stelle schneiden, wo dann der Bildpunct liegen muss.

Wir sehen bei der Camera obscura, wenn wir die matte Glastafel in den Brennpunct einstellen, sodass sie als Brennebene d. h. also als eine senkrecht auf die Axe der brechenden Fläche im Brennpunct stehende Ebene angesehen werden kann, die leuchtenden Puncte, aus denen sich die Bilder der Objecte zusammensetzen, vollkommen scharf, wenn die Strahlen von fernen Objecten

herrühren, d. h. ferne Objecte entwerfen in der Camera obscura in der Brennebene deutliche Bilder. Alle näher gelegenen Objecte zeigen ihre Bilder dann aber undeutlich und verwaschen. Diese Bilder werden erst dann deutlich, während dabei die vorhin deutlichen undeutlich werden, wenn wir den Abstand der brechenden Fläche und der Glastafel vergrössern, da die Bildpuncte von den näher gelegenen Objecten weiter hinter die brechende Fläche hinausrücken. Es zeigen sich dabei diese Bilder näherer Objecte zwar auch umgekehrt aber grösser als vorhin.

Wir sagten, dass das Auge einer Camera obscura ähnlich gebaut sei. Wir haben auch am Auge einen lichtbrechenden Apparat, der mit der convex gekrümmten brechenden Fläche der durchsichtigen Hornhaut beginnt. Der optische Augenapparat besitzt ebenso wie der der Camera obscura einen Brennpunct, in welchem die von entfernt liegenden Objectpuncten herrührenden Strahlen zu dem Bildpuncte vereinigt werden. Für normale Augen liegt dieser Punct in der Netzhaut, sodass also alle entfernten Objecte scharfe Bilder auf der Netzhaut entwerfen und als solche von den percipirenden Organen des Gehirnes aufgenommen und erkannt werden können. Alle nahliegenden Objecte werden unter den gleichen Verhältnissen hingegen keine scharfen Bilder hervorrufen, der Vereinigungspunct ihrer Strahlen liegt ja hinter der Netzhaut. Die Strahlen sind an der Stelle, wo sie die Netzhaut treffen noch nicht vereinigt; die Netzhaut liegt dann an einer Stelle, wo jeder Punct noch durch ein Strahlenbüschel repräsentirt ist; von jedem Puncte treffen viele kreisförmig auf dem Durchschnitt gestellte Strahlen die Netzhaut, sie wird also nicht in einem Puncte sondern in einer dem Durchschnitt des Strahlenkegels entsprechenden Kreisfläche erregt. Natürlich ist dieses kreisförmige grosse Bild des Punctes — sein Zerstreuungskreis — nicht so lichtstark, wie an der Vereinigungsstelle aller Strahlen, weil dieselbe Lichtintensität, die dort in einem Puncte concentrirt ist, hier auf eine bedeutendere Fläche ausgebreitet wird. Es ist daraus verständlich, warum das Bild vor der Stelle der Strahlenvereinigung und aus demselben Grunde hinter derselben, wo die Strahlen wieder ebenso kegelförmig divergiren, grösser, undeutlicher und lichtschwächer sein muss. Die Undeutlichkeit kommt dadurch zu Stande, dass die einzelnen Zerstreuungskreise der neben einander liegenden Objectpuncte sich decken, einer über den andern hereingreift.

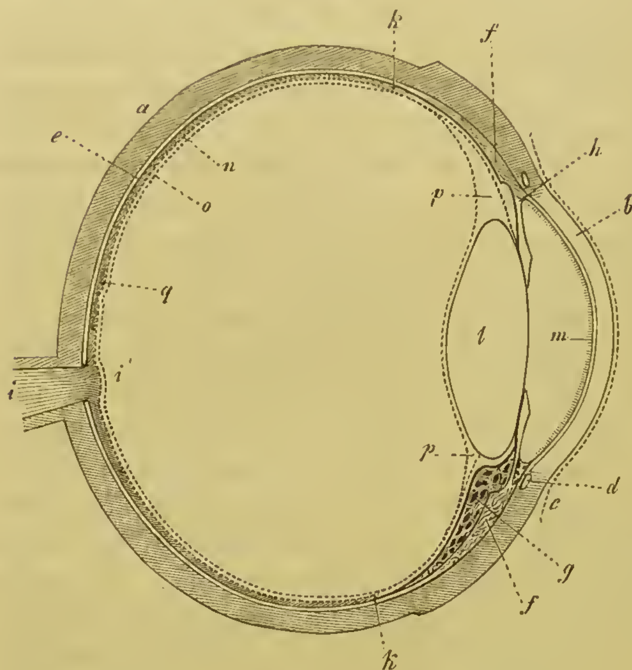
Trotzdem werden von dem normalen Auge sowohl entfernte als nahe gelegene Gegenstände gleich scharf gesehen. Es muss also im Auge eine Vorrichtung getroffen sein, die es ermöglicht, dass der Bildpunct auch eines nahen Objectpunctes in die Ebene der Netzhaut fällt. Bei der Camera obscura, konnten wir dieses erreichen, dadurch dass wir die matte Glastafel, auf der sich das Bild zeichnet — die das Analogon der Netzhaut ist —, von der brechenden Fläche etwas entfernten, zurückzogen. Wir könnten dasselbe erreichen, wenn wir an Stelle der ersten Linse eine stärker brechende, stärker gekrümmte eingesetzt hätten, bei welcher wie oben erwähnt, der Bildpunct näher hinter ihr liegt, als bei einer weniger brechenden und schwächer gekrümmten bei dem gleichen Abstand des Objectpunctes. Wir könnten die Linse so wählen, dass sie das dem äusseren Objecte entsprechende Bild genau auf die Glastafel entwerfen müsste, wir brauchten dann letztere gar nicht zu verrücken.

Wir werden sehen, dass ein dem zuletzt geschilderten Verfahren analoger Vorgang in dem Auge stattfindet, wenn wir es zum Deutlichsehen in der Nähe benützen. Das Auge accommodirt sich für die verschiedenen Entfernungen.

Ueber den Bau des Auges.

Ehe wir in unserer Betrachtung weiter gehen, haben wir vorerst einen genaueren Blick auf die Einrichtungen des Auges zu werfen, dessen gröberen anatomischen Bau ich als bekannt voraussetzen muss (Fig. 168.).

Fig. 168. (*F.*)



Querschnitt des Auges nach HELMHOLTZ. *a* Sclerotica; *b* Cornea; *c* Conjunctiva; *d* Circulus venosus iridis; *c* Tunica chorioides und Membrana pigmenti; *f* M. ciliaris; *g* Processus ciliaris; *h* Iris; *i* N. opticus; *i'* Colliculus opticus; *k* Ora serrata retinae; *l* Krystalllinse; *m* Tunica Descemetii; *n* Membrana limitans retinae; *o* Membrana hyaloidea; *p* Canalis Petiti; *q* Macula lutea.

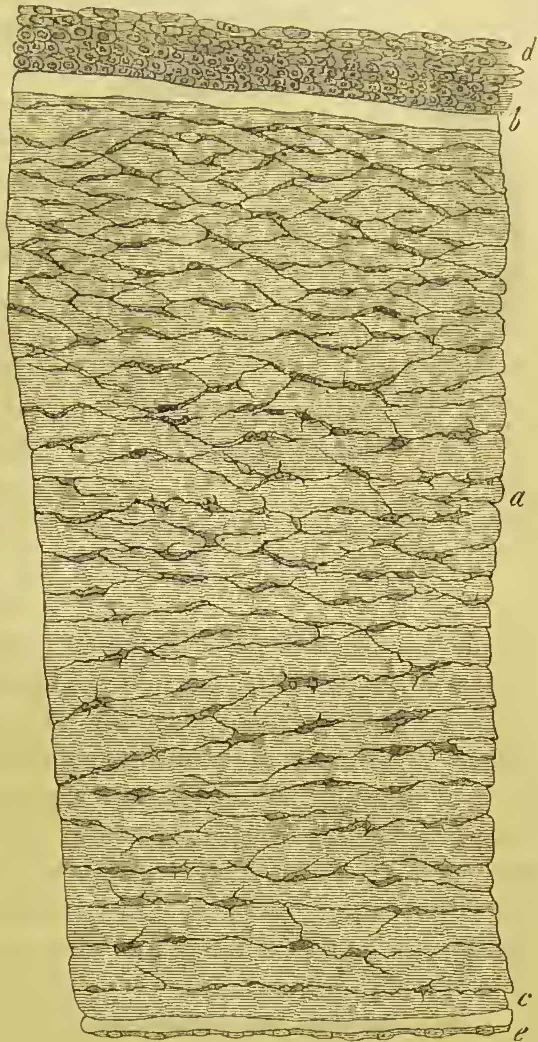
Der beinahe kugelig gestaltete Augapfel, der von aussen von der festen, weissen Augenhaut, der Sclerotica umhüllt wird, der nach vorne die stärker gewölbte Hornhaut oder Cornea uhrglasförmig als eigentliches Fenster des Auges aufsitzt, ist innen bekanntlich noch von der Aderhaut, als deren Fortsetzung die Regenbogenhaut, die Iris gelten kann, austapezirt. Beide Häute werden von dem Sehnerven an seiner Eintrittsstelle in das Auge durchbrochen, der sich zu einer dritten Membran in dem Auge auflöst, welche als innerste, dritte Augenhaut, als Netzhaut, Retina direct über den eigentlich lichtbrechenden Organen, die das Auge ausfüllen, sich ausbreitet.

Die Sclerotica ist eine feste, fibröse Haut aus lockigem Bindegewebe, das sich aus leimgebender Substanz bestehend zeigt, durchsetzt mit feinsten elastischen Elementen, mit den Zellenrudimenten, die von den ursprünglichen Bildungszellen übrig geblieben sind und ein Saftgefässnetz darstellen, das den Säfteaustausch in dieser mit Blutgefässen nur spärlich versehenen Haut vermittelt. Die Blutgefässe stammen von den Ciliararterien und denen der Augenmuskeln und bilden ein ziemlich weitmaschiges Capillarnetz.

Die Hornhaut, Cornea ist in ihrem Baue nur eine Modification der Sclerotica. Sie zeigt sich ebenfalls aus Bindegewebe mit den charakteristischen anastomosirenden spindel- und sternförmig geformten Zellen, Bindegewebskörperchen. Sie zeigt dabei einen geschichteten Bau und ihre chemische Substanz geht bei dem Kochen nicht in Leim sondern in Knorpelleim, Chondrin über (J. MÜLLER).

Die genannten Hornhautkörperchen bilden in ihr ein feines saftführendes Canalnetz, das von Gerlach injicirt werden konnte (Fig. 169.). Der Saft, welchen diese Saftcanälchen enthalten und den man durch Auspressen gewinnen kann, zeigt sich nach Funke's Beobachtungen ziemlich reich an Albumin und Caseïn.

Fig. 169. (*F.*)



Die Hornhaut des Neugeborenen in senkrechtem Durchschnitt (aber bedeutend verkürzt gehalten). *a* Hornhautgewebe; *b* vordere, *c* hintere glashelle Lage; *d* geschichtetes Plattenepithelium der vorderen und *e* einfache Epitheliallage der hinteren Fläche.

Auf die Hornhaut setzt sich als ein auf einer structurlosen Lamelle (Elastica anterior) ruhendes geschichtetes Epithel die Conjunctiva, die Bindehaut des Augapfels fort, welche von den Lidern auf den Augapfel übergeht.

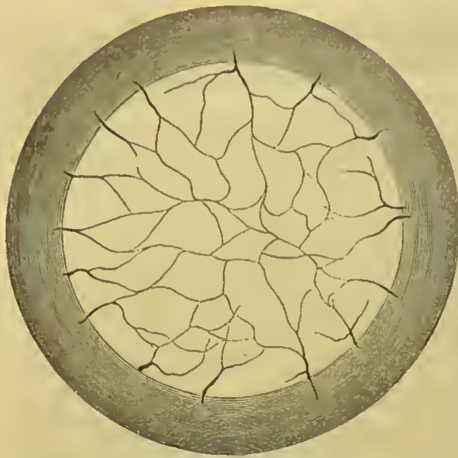
Nach innen ist die Cornea von einer glashellen Membran, der Descemetischen Haut (Elastica posterior) überzogen, welche ein aus prächtigen polygonalen Zellen bestehendes Epithel aus einer Zellenlage trägt. Die Descemetische Haut selbst geht gegen die Ränder der Cornea in ein Fasernetz über, das sich als Ligamentum iridis pectinatum auf den vorderen Rand der Iris umschlägt; zum Theil gehen diese Fasern, die sich nach Kölliker als elastische Fasern kennzeichnen, auch in den Musculus ciliaris und in die innere Wand des Schlemm'schen Canales, der sich als ein kreisförmiger venöser Sinus an der Uebergangsstelle der Cornea in der Sclerotica findet.

Durch das saftführende Canalnetz der Hornhautkörperchen ist der Cornea der fast vollkommene Mangel an Blutgefässen ersetzt. Nur am Rande der Cornea findet sich ein $^1/_2$—1''' breiter Saum von feinen, schlingenförmig sich umbiegenden Capillaren aus den Gefässen der Bindehaut stammend. Auch aus der Sclerotica kommen zum Cornearande feine Gefässschlingen.

Die Nerven der Cornea, welche von den Nervuli ciliares stammen, treten aus der Sclerotica an 6—8 Stellen in den Cornealrand ein; die Nervenstämme enthalten 5—15 Nervenfasern. Nur am Hornhautrande sind sie dunkelrandig, im weiteren Verlaufe bilden sie vollkommen durchsichtige, marklose äusserst feine Fasern, welche in einem reichlichen Netze (Fig. 170.) die Hornhaut durchziehen, ihrer Durchsichtigkeit wegen jedoch den Durchtritt der Lichtstrahlen durch die Hornhaut in keiner Weise beeinträchtigen.

In neuester Zeit hat die Hornhaut erneute Untersuchung durch Th. W. Engelmann gefunden, welche namentlich in Beziehung auf die Intercellularsubstanz und das feinere Verhalten der Nerven neue Gesichtspuncte ergeben haben. Die Untersuchungen Engelmann's beziehen sich direct auf die Hornhaut des Frosches, Kölliker kam aber zu ganz analogen Resultaten auch für die Säugethiere und den Menschen. Es wird nicht überflüssig sein Engelmann in seiner ganzen Darstellung des Hornhautbaues zu folgen.

Fig. 170. (*K.*)



Nerven der Hornhaut des Kaninchens in ihren gröberen Verzweigungen. So weit die Stämme noch dunkel gezeichnet sind, haben sie dunkelrandige Primitivröhren.

Nach Engelmann wird die Grundsubstanz der Hornhaut gebildet von dicht aneinander gelagerten feinsten Fibrillen. Die Dicke dieser Fibrillen beträgt höchstens 0,0001 Mm. und eine jede ist von ihren Nachbarn durch eine nicht messbar dicke Flüssigkeitsschichte getrennt. Die Fibrillen sind zu grösseren Lamellen, von etwa 0,004 Mm. Dicke vereinigt, welche concentrisch zur Hornhautoberfläche in etwa 15 bis 20 Schichten über einander gelagert sind. Die Fibrillen jeder einzelnen Schicht laufen zur Hornhautoberfläche und unter einander parallel. Die Faserrichtung in zwei sich deckenden Lamellen kreuzen sich unter einem meist gegen 90° betragenden Winkel.

In der Berührungsfläche je zweier sich deckender Lamellen liegen gleichmässig vertheilt und in mässigen Abständen von einander eine grosse Anzahl von Zellen: die oben beschriebenen Hornhautkörperchen. Sie verbinden sich unter einander mit ihren Ausläufern, sodass jede Zelle sowohl mit Zellen derselben Schicht wie mit Zellen der darüber und darunter liegenden Schichten zusammenhängt.

Ausser den sternförmigen Hornhautkörperchen kommen in der Grundsubstanz der Cornea normal eine wechselnde Zahl von kleineren beständig Form und Ort verändernden membranlosen Zellen vor, die »wandernden Zellen« (S. 74). Ihre Grösse bei mittlerer Ausdehnung beträgt meist 0,015 Mm. Sie halten sich in allen Schichten der Hornhautsubstanz auf und bewegen sich nicht in begrenzten Canälen, sondern in den mit Flüssigkeit gefüllten Zwischenräumen zwischen den Hornhautfibrillen. Sie drängen dabei die ihnen in den Weg kommenden Fibrillen auseinander.

Das äussere Hornhautepithel besteht (Engelmann) aus vier Schichten von Zellen, deren innerste von cylinderförmigen, deren äusserste von plattenförmigen Zellen gebildet wird. Zwischen den cylinderförmigen, seltner zwischen den anderen Zellen, äusserst selten auf der äusseren Oberfläche des Epithels kriechen kleine mit schlanken Fortsätzen versehene beständig ihre Form verändernde Zellen umher. Sie enthalten meist zwei oder drei ovale Kerne mit Kernkörperchen und haben eine mittlere Länge von kaum 0,01 Mm. Der Zelleninhalt ist feinkörnig. Bei ihren Wanderungen drängen sie sich zwischen den Epithelzellen durch.

Kühne hatte behauptet, dass die feinen Nerven der Hornhaut in den Hornhautkörperchen endigen (S. 73), was Engelmann bestreitet. Die Nerven des Hornhautgewebes nehmen nach ihrer reichlichen netzartigen Verbindung je weiter sie verlaufen, um so mehr an Durchmesser ab, werden endlich unmessbar fein und entziehen sich der weiteren Beobachtung.

Ein grosser Theil der von der Sclerotica in die hintersten Hornhautschichten eintretenden dunkelrandigen Nervenfasern begiebt sich in's vordere Epithel der Cornea. Dies geschieht folgendermaassen (Engelmann). Aus dem oben beschriebenen gröberen Nervengeflechte zweigen sich an verschiedenen Stellen Nervenstämmchen ab, welche die nach vorne gelegenen Hornhautstellen steil durchsetzen und die Elastica anterior durchbohren. Die Gesammtzahl dieser Nervenstämmchen beträgt etwa 40—60. Mit den sternförmigen Zellen treten die Nerven, auf ihrem Wege, auf welchem sie sich durch die Lamellen hindurch schieben, nicht in Verbindung, obwohl sie oft genug dicht an denselben vorbeiziehen, auch wohl von den Ausläufern derselben gestreift werden. Die wandernden Zellen kommen nur vorübergehend mit ihnen in Berührung und kriechen gelegentlich ein Stück weit auf ihnen hin, um sich dann wieder weg zwischen die Hornhautfibrillen zu begeben.

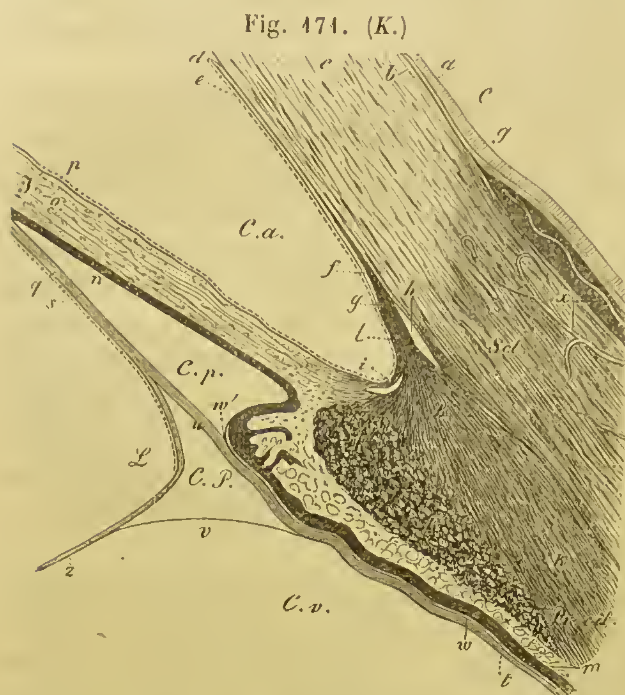
Die Elastica anterior durchsetzen die Stämmchen senkrecht in kleinen Canälchen, welche Engelmann: Nervenporen nennt. Diese Nervenporen bilden nun gleichsam die Quellen, die Centralpuncte, von denen aus eine neue und reiche für das Epithel bestimmte Nervenausstrahlung stattfindet. Es sind etwa 40—60 solcher Centralpuncte auf jeder Hornhaut vorhanden. Wie die Arme eines Polypen treten aus jeder Pore eine Anzahl von sich später noch weiter theilenden Nervenästen 2—6—10 parallel zur Hornhautoberfläche nach verschiedenen Seiten hin aus. Die Nervenfasern, welche die Elastica anterior durchsetzt haben, bestehen nur noch aus Axencylindern ohne Scheide; sie laufen in sanften Bogenlinien unter und zwischen den Cylinderzellen, der untersten Zellenschichte, des vorderen Hornhautepithels hin und theilen sich und verbinden sich in netzförmiger Weise auf das Mannichfaltigste. Endlich steigen sie in die höheren Zellenschichten empor und verschwinden schliesslich als unmessbar feine Fädchen frei zwischen den Epithelzellen. Durch die oberflächliche Schichte des Epithels, welche aus platten Zellen besteht, treten keine Nerven hindurch.

Die Aderhaut. Die Ernährung der inneren Augentheile wird vorzugsweise durch die Aderhaut: die Tunica vasculosa, Chorioidea oder Uvea besorgt. Sie kleidet zum grössten Theile die innere Fläche der Sclerotica aus, ihr vorderer hinter der Cornea gelegener von der Pupillaröffnung durchbohrter Theil wird als Iris von ihr unterschieden.

Die Chorioidea wird an ihrer hinteren Peripherie von dem Sehnerven durchbohrt; sie hängt dort mit dem Neurilem des Sehnerven zusammen und lässt sich als eine zarte, siebförmige Lamelle durch diesen hindurch verfolgen. An dem vorderen Rand der Sclerotica bildet sie die als Corpus ciliare, Strahlenkörper bekannte Verdickung und setzt sich dann direct in die Iris fort. Die oberflächliche Schicht des Strahlenkörpers wird durch den ringförmig verlaufenden Musculus tensor chorioideae, Musc. ciliaris gebildet (das Ligamentum ciliare), der aus glatten zum Theil zur inneren Wand des

Schlemm'schen Canales verlaufenden zum Theil aus kreisförmig gerichteten Muskelfasern besteht. Die tiefere Lage des Corpus ciliare bildet jenen als Strahlenkrone benannten Faltenkranz, der sich mit einem gezackten Saum: die Ora serrata von dem glatten Theile der Chorioidea absetzt (Fig. 171.).

Fig. 171. (*K.*)



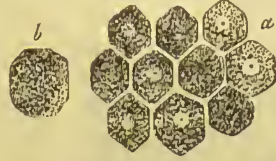
Durchschnitt durch die Augenhäute in der Gegend der Ciliarfortsätze, 12mal vergr. *Scl.* Sclerotica. *C.* Cornea. *Pr. cil.* Processus ciliaris. *C. a.* Camera anterior. *C. p.* Camera posterior. *C. v.* Corpus vitreum. *C. P.* Canalis Petiti. *L.* Lens. *I.* Iris. *a.* Conjunctiva corneae, Epithel, *b.* Elastica externa darunter, sich fortsetzend in die Conjunctiva scleroticae *x.* *c.* Faserlage der Cornea, *d.* Membr. Demoursii, *e.* Epithel derselben augedeutet, *f.* Ende der Membr. Demoursii und Uebergang in eigenth. Fasern *g*, die bei *i* als Lig. iridis pectinatum auf die Iris übergehen, *h.* Canalis Schlemmii, *k.* Musculus ciliaris s. tensor chorioideae von der inneren Wand desselben (*l*) entspringend, *k'.* Ringfasern des Ciliarmuskels oder MÜLLER'scher Muskel, *m.* Pigmentlage der Ciliarfortsätze, *n.* der Iris, *o.* Faserlage der Iris, *p.* Epithel derselben angedeutet, *q.* Linsenkapsel, vordere Wand, *r.* hintere Wand, *s.* Epithel der Linsenkapsel angedeutet, *t.* Zonula Zinnii oder vorderer verdickter Theil der Hyaloidea, *u.* freies vorderes Blatt derselben (eigent. Zonula) an dem Rande der Linse sich ansetzend, *v.* hinteres Blatt derselben mit der hintern Wand der Linsenkapsel verschmelzend, *w.* Pars ciliaris retinae, *w'.* vorderes Ende derselben. Nach BOWMAN und H. MÜLLER.

Die Aderhaut besteht aus einer äusseren mächtigeren Schichte der eigentlichen Aderhaut, die nach innen von einer dunklen Lage von Pigment bedeckt ist. Versucht man die Aderhaut von der Sclerotica abzuziehen, so bleibt ein zartes braungefärbtes Gewebe an dieser hängen, welches der Aderhaut angehört und die Ciliarnerven und Ciliargefässe und vorne den Musc. ciliaris oder Tensor chorioideae trägt. Es wird diese Schichte als äussere Pigmentschicht (Lamina fusca) bezeichnet. Auf diese folgt die eigentliche Gefässlage mit den grösseren Arterien und Venen, welche letztere sich zu einigen, fünf bis sechs quirlförmig zusammenlaufenden Bündeln (Venae vorticosae) vereinigen; die Capillaren bilden unter diesen ein äusserst feines und reichliches Netz in der Membrana choriocapillaris, welche bis zur Ora serrata nach vorne reicht. Diese Gefässe sind in ein Gewebe eingebettet, welches sehr unregelmässige, blasse oder braun pigmentirte Zellen mit Kernen in sich erkennen lässt, welche vielfach untereinander anastomosiren. Nach innen überzieht die Chorioidea eine structurlose, feine elastische Lamelle. Die Arterien stammen von den Art. ciliares posteriores breves.

Das schon erwähnte Pigment kleidet als eine Zellenschicht die Innenfläche der Chorioidea aus. Die Pigmentzellen, regelmässig sechseckig gebaut, (Fig. 172.) bilden nur eine Zellenlage bis zur Ora serrata, von dort an liegen sie in mehreren Reihen und verlieren ihre krystallähnlich regelmässige Gestalt. In dem Augengrunde finden sich in der Chorioidea auch glatte Muskelfasern.

Die Iris oder Regenbogenhaut hängt auf das Innigste mit der Aderhaut zusammen. Die wichtigsten Elemente, die sie enthält, sind glatte Muskelfasern, welche in ein zartlockiges Bindegewebe mit sternförmig sich verbindenden, häufig pigmenthaltigen Bindegewebskörperchen eingebettet sind. Diese Muskelfasern vereinigten sich am Rande der Pupille zu einem förmlichen Ringmuskel: Sphincter pupillae, der etwa $1/4'''$ breit ist und der hinteren Irisfläche etwas näher liegt. Senkrecht auf diesen Ringmuskel verlaufen feine Muskelbündel ebenfalls aus glatten Fasern bestehend zu dem ersteren herab, um sich an seinen Rand anzusetzen: der Dilatator pupillae. Nach Kölliker beginnt er am Ciliarrand der Iris. Die Pigmentzellen der Aderhaut setzen sich auf die Hinterfläche der Iris ohne sich zu verändern fort. Die vordere Fläche der Regenbogenhaut ist ebenfalls (abweichend von der Choridea) von einer Zellenlage, einem wahren Epithele bedeckt aus rundlichen Zellenblättchen bestehend. Die Farbe der Iris welche bei Albinos vollkommen fehlt, wird bei blauen Augen nur durch das durchschimmernde Pigment der hinteren Irisfläche hervorgerufen. Die dunklen Augen besitzen auch noch im Stroma selbst Pigmentablagerungen.

Fig. 172. (*F.*)



Sogenannte polyedrische Pigmentzellen von der Chorioidea des Schafs; *a* Mosaik der sechseckigen Zellen; bei *b* eine grössere achteckige.

Die Iris erhält ihr Blut aus den Gefässen der Chorioidea, zum Theil auch aus den Art. ciliares post. longae und den Art. ciliares anticae.

Die Ciliarnerven — Nervuli ciliares — durchsetzen in etwa 15—18 Stämmchen die Aderhaut und lösen sich im Ciliarmuskel zu einem dichten Geflechte auf, aus welchem sowohl die Hornhaut als die Iris ihre Nerven beziehen, zum Theil versorgen sie den Muskel selbst. In der Iris bilden sie ein feines Netz. In dem Nervengeflechte des Ciliarmuskels wurden Ganglienzellen (Krause d. A. und H. Müller) aufgefunden.

Die Netzhaut. Noch weit wichtiger als die bisher genannten Membranen und Gebilde, welche grösstentheils nur zum Schutze und zur Ernährung der anderen Augenbestandtheile dienen, sich doch aber auch bei dem Zustandekommen der optischen Augenfunctionen betheiligen, — die Regenbogenhaut als optische Blendung, Diaphragma, die Ciliarmuskel und die Aderhaut zum Hervorrufen der Accommodation des Auges für Nah- und Fernsehen — ist die Netzhaut, die Retina. Sie enthält die eigentlichen Endorgane des Sehnerven, auf deren Anwesenheit und normaler Functionirung die Fähigkeit des Auges, Gesichtseindrücke äusserer Objecte dem Seelenorgane zu vermitteln, beruht.

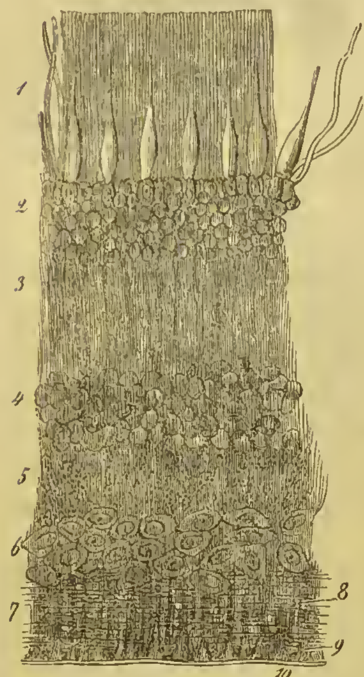
Die Netzhaut ist die innerste Haut des Auges, im Leben fast vollkommen durchsichtig und hell, sie endet mit ihren eigentlich nervösen Organen an der Ora serrata. Gegen ihren Rand zu verdünnt sie sich bedeutend von 0,1—0,04''' und endigt endlich ganz scharf. Trotz dieser Dickenschwankung lassen sich an ihr überall fünf Schichten unterscheiden, die wir von der Aderhaut aus also von aussen nach innen zählen:

1.) Stäbchen- und Zapfenschicht,
2.) Körnerschicht,
3.) Nervenzellenschicht,

4.) Schichte der Opticusfasern,
5.) die Grenzhaut.

Die Stäbchen- und Zapfenschichte besteht aus einer äusserst regelmässigen Mosaik stäbchen- und zapfenförmiger, das Licht sehr stark brechender, fettglänzender Körperchen. Die Stäbchen sind lange, schmale, oben querabgestutzte Cylinderchen, die sich zu einem feinen fadenförmigen Fortsatz zuspitzend in die tieferen Retinalagen fortsetzen, von 0,028—0,036‴ Länge und 0,0008‴ Breite. RITTER nimmt in ihnen einen dem Axencylinder der Nervenfasern entsprechenden Faden an. Die Zapfen unterscheiden sich von den Stäbchen, mit denen sie in ihrem oberen Theile vollkommen übereinstimmen, dadurch dass sie etwa in der Mitte der Stäbchenschichte an ihrem inneren Ende zu einer birnförmigen Erweiterung anschwellen, welche 0,007—0,015‴ lang und 0,0022—0,0027‴ breit ist (M. SCHULTZE). Nach innen setzen sie sich mit einer leichten Einschnürung in ein sogenanntes Zapfenkorn fort, welches einen Zellenkern enthält und schon in der äusseren Körnerschichte liegt und ebenfalls einen feinen Fadenfortsatz in das Innere der Netzhaut entsendet.

Fig. 173. (K.)



Senkrechter Schnitt durch die menschliche Retina, 6‴ vor dem Opticuseintritte, 350 mal vergr. 1. Stäbchenschicht, 2. äussere Körnerschicht, 3. Zwischenkörnerschicht, 4. innere Körnerschicht, 5. feinkörnige graue Lage, 6. Lage von Nervenzellen, 7. Opticusfasern, 8. Radialfasern in derselben, 9. Enden dieser, 10. Limitans.

Die Stäbchen und Zapfen stehen pallisadenförmig neben einander, ihr äusseres, abgestutztes Ende liegt dicht an dem Pigmente der Aderhaut an, das andere Ende wendet sich, senkrecht auf die Netzhautfläche, gegen die Körnerschichte zu. Sieht man senkrecht auf diese Schicht, so zeichnen sich die Zapfen von den Stäbchen dadurch aus, dass sie nach oben in der Mosaik der Stäbchen Lücken zu lassen scheinen, die aber mit einer sehr durchsichtigen Substanz erfüllt sind. Die Ansatzstelle des oberen stäbchenförmigen Theiles des Zapfens, das sogenannte Zapfenstäbchen, zeigt sich als ein kleiner Kreis, der in dem Centrum des von dem Zapfen selbst gebildeten grösseren Kreises steht. Um diese Doppelkreise herum stehen die dicht an einander gedrängten Stäbchen je nach dem Orte der Netzhaut in grösserer oder geringerer Menge. Am gelben Flecke stehen die Zapfen dicht nebeneinander, es schiebt sich dann nur eine einzige Reihe von Stäbchen zwischen sie ein. Weiter gegen die Ora serrata zu rücken die Zapfen mehr und mehr auseinander und es schieben sich dann mehrere Stäbchenreihen zwischen sie.

Auf die Stäbchenschichte folgt die Körnerschichte, in welcher zellenartige, rundliche, meist kernhaltige Gebilde von ziemlicher Kleinheit sich finden, 0,002—0,004‴ gross. Die Körner besitzen stets mehrere fadenartige Ausläufer wodurch sie das Ansehen von kleinen Ganglienzellen erhalten. Ihre fadenartigen Fortsätze stehen mit den Stäbchen und Zapfen in Verbindung. Die Körner-

schichte wird durch eine streifige Zwischenkörnerschichte in zwei Lagen, in die äussere und innere Körnerschichte getrennt. Die Verbindungen der Körner der inneren Schichte, welche meist etwas grösser als die Körner der äusseren Schichte erscheinen, sind noch nicht mit voller Sicherheit nachgewiesen.

In der dritten Schichte finden sich wahre mit vielen Ausläufern versehene Nervenzellen, die vollkommen denen des Gehirnes entsprechen. Nach aussen liegt auf ihnen eine feinkörnige Substanz. Am gelben Fleck bilden diese Nervenzellen eine dichte Lage, gegen die Peripherie nehmen sie immer mehr an Zahl ab und kommen endlich nur noch ganz vereinzelt vor.

Die Schicht der Opticusfasern entsteht dadurch, dass sich die sehr feinen, zarten, wohl nur aus dem Axencylinder bestehenden, leicht varicös anschwellenden Fasern des Sehnerven an dessen Durchtrittsstelle durch die eben beschriebenen Schichten gleichmässig nach allen Seiten senkrecht auf die Opticusaxe umbiegen und so eine aus Nervenfasern bestehende Membran bilden, welche innerhalb der bisher genannten liegt. Der gelbe Fleck der Retina wird bei diesem Verlaufe der Opticusfasern ausgespart, die Fasern laufen im Bogen an ihm vorüber, sodass der gelbe Fleck diese Nervenfaserschichte nicht besitzt. Es ist äusserst wahrscheinlich, dass alle diese Nervenfasern mit den Nervenzellen der eben beschriebenen Zellenschichte in Zusammenhang treten.

Die Begrenzungshaut der Retina, ihre innerste Lage, hängt innig mit dem Bindegewebsgerüste der Netzhaut zusammen und zeigt sich abgelöst vollkommen structurlos. Auch durch seine Widerstandsfähigkeit gegen Alkalien und Säuren schliesst es sich nahe an die Glashäute an (z. B. Linsenkapsel).

Ehe wir zur Besprechung des bindegewebigen Gerüstes der Retina übergehen, haben wir noch mit einigen Worten des gelben Fleckes zu gedenken, der sich in mancher Beziehung von der übrigen Retina unterscheidet. Er ist eine 1,44''' lange und 0,36''' breite elliptisch gestaltete Stelle der Netzhaut, welche sich schon durch eine gelbe Farbe auszeichnet, welche von einem die tieferen Retinaschichten tränkenden Farbstoffe herrührt. In der Mitte besitzt sie eine Vertiefung, die Fovea centralis, welche im Gegensatz zu dem sonstigen Verhalten des gelben Fleckes farblos ist, und sich etwas verdünnt zeigt. Die Grösse der Fovea centralis schwankt von 0,08—01'''. Der gelbe Fleck liegt mit seinem inneren Ende 1,0—1,2''' von der Mitte des Opticuseintrittes ab. Wie schon erwähnt liegt auf der Nervenzellenschichte, welche sich in der Fovea centralis verdünnt zeigt, direct die Begrenzungsmembran auf, die übrigen Retinallagen sind vorhanden, doch fehlen die Stäbchen, welche hier durch Zapfen ersetzt sind, am ganzen gelben Fleck. Die Zapfen sind hier jedoch ausnehmend dünn und ähneln dadurch den Stäbchen. Die Ausläufer der Zapfen nehmen einen schiefen Verlauf in dem gelben Fleck (Fig. 174).

Fig. 174. (*K.*)



Stäbchenschicht von aussen. 1. Vom gelben Flecke (nur Zapfen), 2. von der Grenze desselben, 3. aus der Gegend des Aequators der Retina. *a*. Zapfen oder denselben entsprechende Lücken, *b*. Stäbchen der Zapfen, deren Endfläche manchmal etwas tiefer steht, als die eigentlichen Stäbchen *c*. 350mal vergr.

Alle die genannten nervösen Elemente der Retina, zu denen auch die Stäbchen und Zapfen zu rechnen sind, werden durch eine Bindegewebsgrundlage getragen, welche nach Kölliker besonders in den inneren Schichten senkrecht aufsteigende, bis zur inneren Körnerschicht verfolgbare Fasern bilden, die er Radialfasern oder Stützfasern nennt. Zu diesen kommen dann noch viele feine Ausläufer dieser Elemente, welche in der ganzen Retina ein Netzwerk darstellen. Auch einen Theil der Körner der Körnerschichte, sowie die Grenzmembranen, scheinen hierher gerechnet werden zu müssen (M. Schultze). Die feinen Ausläufer der Stützfasern, welche letztere mit einem verbreiterten Ende von der Grenzmembran sich erheben, verbinden sich mit einem Theile der inneren Körner und strahlen gegen die äussere Oberfläche der Netzhaut aus.

Der Bau der Retina ist nach dem Mitgetheilten ungemein verwickelt. Unstreitig besteht die Annahme zu Recht, welche die Zapfen und Stäbchen als Endorgane der Opticusfasern, als die eigentlichen Sinneswerkzeuge des Gesichtssinnes ansieht. Wir müssen dazu selbstverständlich eine directe Communication der Opticusfasern mit den Stäbchen und Zapfen erweisen können. Die bisher beigebrachten Beweise, wenn sie auch noch nicht alle Zweifel zerstreuen können, sprechen mit höchster Wahrscheinlichkeit dafür, dass jede Opticusfaser sich zunächst in eine der Nervenzellen, die wir einen wesentlichen Bestandtheil der Netzhaut ausmachen sehen, einsenkt. Diese Nervenzelle sendet ihre feinen Fasern nach auswärts senkrecht in die Höhe, welche, nachdem sie noch mit einem oder zwei jener kleinen genannten Zellen-Körner — in Verbindung getreten sind, sich durch den feinen an den Stäbchen und Zapfen anhängenden Faden in diese Gebilde fortsetzen.

Nach den neuen genialen Untersuchungen Max Schultze's am menschlichen Auge stellt sich der Zusammenhang zwischen Stäbchen und Zapfen mit den feinsten Opticusfasern folgendermassen dar.

Durch die Membrana limitans externa werden die Stäbchen und Zapfen von den Zapfen- und Stäbchenkörnern, welche zusammen die äussere Körnerschichte darstellen, getrennt. Die Stäbchen und Zapfen zeigen die bekannten Aussen- und Innenglieder, erstere finden sich bei den Zapfen unter der Einwirkung der zur Präparation nöthigen Flüssigkeiten meist geschrumpft. An alle Zapfenkörper schliesst sich unmittelbar unter der Membrana limitans externa ein kernhaltiger Anhang von etwa demselben Durchmesser wie ersterer an, von diesem durch eine etwas verschmälerte Partie geschieden. Der Kern füllt diesen Anhang vollkommen aus, ist kugelig oder ein wenig zur Eiform abweichend und zeigt in seiner homogenen Substanz ein glänzendes, relativ grosses Kernkörperchen. Aus diesem Zapfenanhang, dem Zapfenkorn der Autoren, entwickelt sich nach abwärts ein blasser Faden von cylindrischer Gestalt, vollkommen glatter Oberfläche und ansehnlicher bis zu 0,003 Mm. betragender Dicke, welcher ohne sich zu theilen oder feine Seitenästchen abzugeben, bis zur unteren Grenze der äusseren Körnerschicht verläuft und hier dicht über der Zwischenkörnerschicht eine kegelförmige Anschwellung bildet, mit welcher er scheinbar aufhört. Aus der Basis dieser Anschwellung, welche auf der Zwischenkörnerschicht gewissermassen aufruht, entwickeln sich in verschiedener Zahl sehr feine Fäserchen, welche an isolirten Zapfenfasern bei

1000maliger Vergrösserung immer kurz abgerissen endigen, in situ aber an der horizontalfaserigen Zwischenkörnerschicht sich verlieren. Die Verbindung ist hier eine solche, dass der Eindruck eines directen Ueberganges dieser feinen Fäserchen in die flächenhafte Faserung der Zwischenkörnerschicht entsteht. Die Faser des stark vergrösserten Zapfens zeigt, was sehr bemerkenswerth ist, eine deutliche Längsstrichelung, die sich bis in den Zapfenkörper fortsetzt, sodass der ganze Zapfenkörper aus feinen, parallelen Längsfasern zusammengesetzt scheint.

Der Raum zwischen den die äussere Körnerschicht durchsetzenden Zapfenfasern ist ausgefüllt von einer grossen Zahl dicht gedrängt liegender kleiner Zellen, welche alle mit Stäbchen in Verbindung stehen. Liegen die Zellen dicht unter der Limitans externa, so sind die Verbindungsstücke kurze, dicke Brücken, sonst aber äusserst feine Fasern. Eben solche Fasern, wie sie die Verbindung mit den Stäbchen vermitteln, entspringen aber auch aus dem entgegengesetzten, unteren Ende der eiförmigen Zellen. Diese Fasern streben zur Zwischenkörnerschicht, an welcher sie in einer Höhe mit der kegelförmigen Zapfenfaseranschwellung mit ovalen Köpfchen endigen.

Die Stäbchenfasern zeigen sich (durch ihre eigenthümlichen Varicositäten) deutlich als nervöser Natur. Die Zapfenfasern zeigen eine unverkennbare Aehnlichkeit mit breiten Axencylindern, mit welchen sie auch den streifigen Bau, der sie aus einem Bündel feinster Fasern bestehend zeigt, gemein haben; man ist also auch berechtigt ihre nervöse Natur zu behaupten.

Ueber den weiteren Zusammenhang der Fasern mit den anderen Körnern und den Opticusfasern konnte Schultze nichts Gewisses ermitteln.

Er bestätigt die Angabe von A. Brücke, dass die Stäbchenenden in Vertiefungen auf der ihnen zugewendeten Fläche der sechseckigen Pigmentzellen der inneren Auskleidung der Chorioidea eingreifen. Bei Vögeln und den noch niedereren Wirbelthieren bilden die Pigmentzellen wahre Scheiden um die Aussenglieder der Stäbchen und Zapfen. Bei den höheren Wirbelthieren finden sich diese Pigmentscheiden auch, in denen jedes Stäbchen und wahrscheinlich auch jeder Zapfen mit seinem Aussengliede steckt. Bei Albino's sind diese Scheiden farblos. Diese Fortsätze, welche die Scheiden bilden, sind fein haarförmig und bilden an der Innenfläche der Pigmentzelle einen Busch wie von langen Wimpern und reichen oft noch viel tiefer zwischen jene Elemente hinein, als sie Pigmentmolecüle enthalten. Denn ihre Grundlage ist farb- und körnchenlose Zellsubstanz, in welche die kugeligen oder ovalen stäbchenförmigen Pigmentkörnchen, am Zellkörper sehr dicht, gegen Ende der Fortsätze ganz dünn eingestreut sind. Diese Fortsätze erreichen bei den höheren Wirbelthieren nicht die Länge wie bei den Vögeln und niederen Wirbelthieren. Dadurch, dass die Innenglieder der Stäbchen meist etwas dicker sind als die Aussenglieder (Krause), ergiebt sich der Raum für die Pigmentfortsätze.

Die Zellen des sogenannten Pigmentepithels der Chorioidea bilden also nicht den Grund, auf welchem die Stäbchen- und Zapfenenden aufruhen, sie liegen vielmehr mit ihrem Haupttheil, soweit sie pigmentirt sind, ganz und gar zwischen den Aussengliedern von Stäbchen und Zapfen. Nur der äussere nicht pigmentirte Theil, welcher den Kern enthält, ragt über die Stäbchen-

enden hinaus und berührt die Chorioidea. Es gehört also das Pigment wesentlich der Retina an und sollte als Retinalpigment bezeichnet werden.

Ausser dem Kern umschliesst der äussere mehr hyaline Theil der Pigmentzellen häufig gefärbte Fetttropfen, welche, wenn nur einer in jeder Zelle vorhanden ist, eine merkwürdig regelmässige Anordnung besitzen (bei Frosch und Kaninchen — H. Müller).

Es wurde schon erwähnt, dass die feinen Opticusfasern höchst wahrscheinlich einer eigentlichen, fetthaltigen Markscheide entbehren, sodass man sie nur als Axencylinder ansehen kann. Diese Anschauung wird durch die mikrochemische Beobachtung gestützt, welche in den betreffenden Fasern die Eiweissstoffe als Hauptbestandtheil erscheinen lässt (Kölliker). Vielleicht bestehen die stark lichtbrechenden Nervenendorgane nicht aus Nervensubstanz, nach einigen Reactionen scheinen sie eher dem Bindegewebe zugerechnet werden zu müssen, sodass sie sich demnach auch hierin den Tastkörperchen annähern, mit denen sie überhaupt eine nicht zu verkennende Aehnlichkeit zeigen.

Was für ein elementarer Vorgang es ist, in welchem das Licht innerhalb dieser Endorgane umgewandelt wird, um ein Reiz für die Opticusfaser zu werden, welche wie alle anderen Nerven in ihrer Continuität vom Lichte nicht erregt werden kann, ist bisher noch vollkommen unbekannt. Da das Licht aber eine Kräfteform ist, die wie alle sonst bekannten auch in andere Kräfteformen übergeführt werden kann, so ist kein Hinderungsgrund uns den Reiz direct vom Lichte ausgehend vorzustellen. Wissen wir doch durch die Photographie, was für starker, zersetzender, chemischer Wirkungen das Licht fähig ist, wir wissen dasselbe aus der Beeinflussung, unter welcher das Pflanzenleben von Seite des Lichtes steht. —

Innerhalb dieser bisher genannten Gebilde liegt der eigentlich optische Apparat des Auges, zu dem freilich auch schon die convex, uhrglasartig gekrümmte Hornhaut als wesentlicher Theil gerechnet werden muss.

Die hier zu nennenden Organe sind die Linse und der Glaskörper, zu denen noch das Augenkammerwasser, der Humor aqueus, zwischen hinterer Hornhautfläche und Iris gerechnet werden muss.

Diese durchsichtigen Organe sind es, durch deren Vermittlung die von einem leuchtenden Puncte aus das Auge divergirend treffenden Strahlen einerseits durch ihr hohes Brechungsvermögen, das bei den einzelnen sich verschieden zeigt, andererseits durch ihre optisch-regelrechte Gestalt und Krümmung ihrer Oberflächen convergent gemacht werden, sodass sich die Strahlen in einem hinter den brechenden Medien gelegenen Puncte schneiden. Diese Organe sind also ein optischer Sammelapparat, der die zerstreut von einem Puncte her kommenden Strahlen zu einem Bildpuncte wieder vereinigt, wie die Glaslinse der Camera obscura. Der Bildpunct, den die brechenden Augenmedien entwerfen, liegt bei normalen Augen stets in der Ebene der Netzhaut, die ja als auffallender Schirm hinter jenen aufgestellt ist.

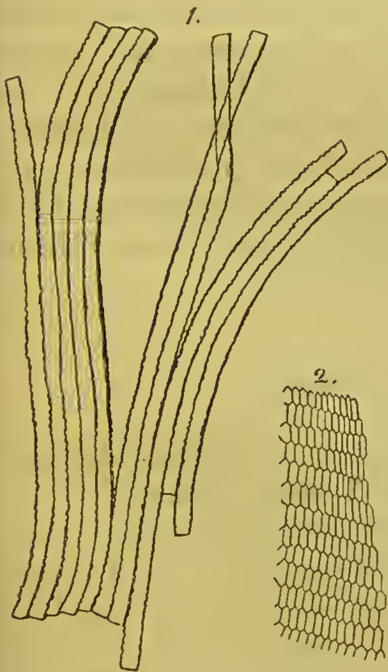
Hinter der hinteren Fläche der Hornhaut befindet sich zwischen dieser und der Vorderfläche der Iris die bekannte Augenkammer, welche mit dem Humor aqueus gefüllt ist, der eine dünne, vollkommen durchsichtige, farblose

Flüssigkeit ist, ohne eigenthümliche Formelemente. Chemisch ist er noch wenig genau untersucht, er enthält Albuminate.

Die Linse. Hinter der Iris liegt direct ohne Zwischenraum die Linse an, die lange angenommene sogenannte hintere Augenkammer zwischen diesen beiden Organen existirt nicht. Die Linse ist unstreitig nächst der Hornhaut der wichtigste lichtbrechende Apparat des Auges. Sie ist ebenfalls vollkommen durchsichtig. Ihr Name kennzeichnet ihre Gestalt; bekanntlich ist ihre hintere, dem Glaskörper zugekehrte Fläche viel stärker als die vordere gekrümmt. Die eigentliche Linse ist von einer durchsichtigen Kapsel umgeben, die sich vollkommen wasserklar und gleichartig zeigt. An ihrer inneren, der Linse zugekehrten Fläche trägt sie ein Epithel, welches sich, aus schönen, kernhaltigen, eckigen Zellen bestehend, in einer einfachen Zellenlage über ihre vordere Hälfte ausbreitet. Die Kapsel liegt im Leben der Linse dicht an, erst nach dem Tode saugt sie etwas Humor aqueus ein und hebt sich dadurch von der letzteren ein wenig ab.

Die Linse selbst ist aus langen, platten, sechsseitigen mikroskopischen Röhrengebilden, den sogenannten Linsenfasern zusammengesetzt (Fig. 175). Sie liegen dicht neben einander; da ihre Ränder etwas ausgezackt sind, legen sich diese Zacken in einander und machen so die Verbindung noch fester. Auf dem senkrechten Durchschnitt erinnern die dicht, regelmässig neben einander stehenden sechsseitigen Faserenden an eine Honigwabe. Die äusseren Faserlagen sind weicher, die Fasern selbst breiter als im Inneren der Linse, sodass man gewöhnlich von einem Linsenkern spricht. Die einzelnen Lagen der Fasern lassen sich hautartig abziehen, weshalb man früher der Linse einen blätterigen Bau zuschrieb.

Fig. 175. (*K.*)



Linsenröhren oder Linsenfasern. 1. Vom Ochsen mit leicht zackigen Rändern. 2. Querschnitt der Linsenröhren vom Menschen. 350mal vergr.

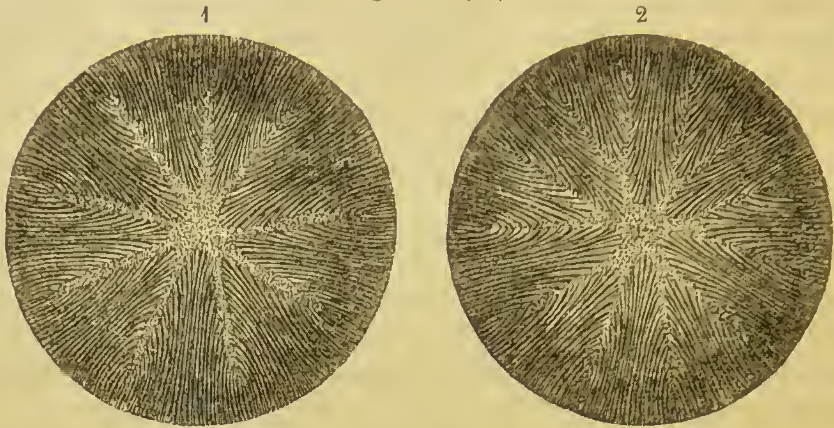
Die einzelnen Fasern verlaufen von der Mitte der Linse aus gegen den Rand und biegen auf die vordere oder hintere Fläche um. Jede Faser umgreift dabei etwas weniger als die Hälfte der Linse; die Enden sind regelmässig neben einander gestellt und bilden auf der Oberfläche der Linse in ihrem Centrum je eine sternförmige Figur (Fig. 176).

Der Inhalt der Linsenröhren besteht chemisch aus einer Globulinlösung, das sich in seinen Eigenschaften dem Globulin der Blutkörperchen genau anschliesst, welches bekanntlich unter die Eiweisskörper gerechnet werden muss.

Der Rest der von den Augenmembranen umschlossenen Höhlung, der grösste Theil derselben wird von dem rundlichen, vorne eine tellerförmige Grube für die Aufnahme der Linse tragenden Glaskörper ausgefüllt. Er ist von einer Glashaut — Hyaloidea — umgeben, welche sich an der tellerförmigen Grube in zwei Blätter spaltet, von denen das eine Blatt, das die

Eindrücke der Strahlenkrone trägt, als Zonula Zinnii oder Ligamentum suspensorium lentis an den Rand der Linse tritt und mit diesem verschmilzt, das

Fig. 176. (*K.*)



Linse des Erwachsenen, nach ARNOLD, um die Sterne zu zeigen. 1. Vordere Seite, 2. hintere Seite.

andere Blatt kleidet die tellerförmige Grube aus und verbindet sich mit dem hinteren Abschnitt der Linsenkapsel. Zwischen beiden Blättern an der Stelle, wo sie sich trennen, also am Linsenrande, bleibt ein auf dem Durchschnitt dreieckiger Raum offen, der die Linse als Canalis Petiti umgreift. VIRCHOW stellt das Gewebe des Glaskörpers zu dem embryonalen Schleimgewebe. Im Glaskörper des Embryo zeigen sich in der chemisch Schleim enthaltenden Grundsubstanz rundliche oder längliche kernhaltige Zellen in ziemlich regelmässigen Abständen, die bei dem Erwachsenen nicht mehr aufzufinden sind oder wenigstens nur äusserst spärlich; die gleichartige innere noch Schleim enthaltende Grundsubstanz bleibt hier allein bestehen. —

Gang der Lichtstrahlen im Auge.

Wir haben somit den Bau des Organes, auf welchem die Möglichkeit seiner Functionirung beruht, in seinen wesentlichsten Theilen erkannt.

Der Vergleich mit der Camera obscura lässt sich überall festhalten, sogar die Schwärzung der inneren Wände, die bei jenem Apparat angewendet wird, ist auch im Auge durch die Pigmentschichten zwischen Retina und Chorioidea vertreten. So einfach aber im Principe das Auge gebaut erscheint, so complicirt ist es in der Ausführung, sodass das Verfolgen des Lichtstrahles durch die brechenden Medien bis zu seinem Vereinigungspunct in der Retina auf sehr bedeutende Schwierigkeiten stösst. Es sind nicht nur die verschiedenen Krümmungen der optischen Flächen, die es besitzt, sondern auch vor allem das verschiedene Brechungsvermögen der hinter einander gestellten brechenden Medien, welche diese Aufgabe erschweren.

Der Lichtstrahl hat auf seinem Wege bis zur Netzhaut wenigstens sechs brechende Substanzen, denen sechs brechende Flächen entsprechen, zu durchlaufen. Die brechenden Medien sind:

1. Die Cornea, deren äussere Fläche mit Thränenfeuchtigkeit bespült ist,
2. der Humor aqueus,

3. die vordere Wand der Linsenkapsel,
4. die Linsensubstanz, welche selbst nicht als eine einfach brechende Substanz angesehen werden kann, da sie von aussen nach innen an Brechungsvermögen zunimmt,
5. die hintere Wand der Linsenkapsel,
6. der Glaskörper, an dem man auch noch die Membr. hyaloidea unterscheiden könnte.

Man muss, um den wahren Gang der Lichtstrahlen berechnen zu können, die verschiedenen Brechungsindices dieser Substanzen kennen. Doch vereinfacht sich die Aufgabe dadurch, dass einige derselben so wenig differiren, dass sie als gleich angesehen werden dürfen. Die Linsenkapsel hat das gleiche Brechungsvermögen wie die äusseren Linsenschichten, sodass sie in dieser Beziehung von der Linse nicht unterschieden zu werden braucht. Die Thränenfeuchtigkeit und der Humor aqueus haben ebenfalls ein sehr ähnliches Brechungsvermögen, sodass die parallelrandige Cornea, wie eine Fensterscheibe zwischen Luft, zwischen die beiden genannten gleich brechenden Flüssigkeiten eingesetzt ist, den durchgehenden Lichtstrahl also nur parallel mit sich selbst etwas verschiebt, ihm aber keine neue Richtung ertheilt. Sie kann also als brechendes Medium ganz vernachlässigt werden und die Rechnung darf annehmen als reiche der Humor aqueus bis an die vordere Cornealfläche (Helmholtz). Auch Humor aqueus und Glaskörper sind in ihrem Brechungsvermögen nur wenig verschieden.

Die Brechungsindices der optischen Augenmedien sind im Mittel, das Brechungsvermögen der Luft = 1 gesetzt, etwa folgende:

Hornhaut:	1,3531	(Krause)
Humor aqueus:	1,3349	,,
	1,3365	(Helmholtz)
Linse		
äussere Schicht:	1,4053	(Krause)
	1,4189	(Helmholtz)
mittlere Schicht:	1,4294	(Krause)
Linsenkern:	1,4540	,,
Glaskörper:	1,3485	,,
	1,3383	(Helmholtz).

Die brechenden Flächen.

Ausser dem Brechungsvermögen wirken auf den Gang der Lichtstrahlen im Auge die Gestalten der brechenden Flächen.

Zwischen Luft und Auge steht die vordere Fläche der Hornhaut als erste brechende Fläche. Die zweite ist die hintere Hornhautfläche zwischen Hornhaut und Kammerwasser.

Beide Flächen sind fast vollkommen gleich gekrümmt, die Dicke der Cornea steigt aber von der Mitte gegen den Rand zu etwas an. Man hielt vor den abschliessenden Untersuchungen von Helmholtz mit dem Ophthalmometer die Hornhaut meist für einen Abschnitt einer Kugelfläche, jetzt steht

es fest, dass sie ein Ellipsoid ist, dessen halbe grosse Axe zur halben kleinen sich etwa wie 13 : 10 verhält. Es zeigt sich dabei nach Knapp und Donders, dass die Krümmungen der Hornhaut im horizontalen und verticalen Meridian einander nicht gleich sind, diese constante oder normale Asymmetrie der Hornhaut bedingt bestimmte weiter unten zu besprechende Bildfehler auf der Netzhaut. Weiter folgt daraus, dass die Cornea keinen einfachen Brennpunct besitzen kann, da die auf die stärker gekrümmten Hornhautabschnitte auffallenden Strahlen sich vor denen, welche auf die schwächer gekrümmten treffen, schneiden müssen. Für gewöhnlich wird dieser Fehler im Auge dadurch compensirt, dass nur der kleine mittlere, der Pupille gegenüber liegende Hornhautabschnitt in Betracht kommt, da die seitlich einfallenden Strahlen von dem Diaphragma der Iris aufgehalten und zerstreut zurückgeworfen werden. Darauf beruht es, dass die Iris das einzige Organ des inneren Auges ist, welches wir wahrzunehmen vermögen; die Pupille, welche die Strahlen durchtreten lässt, erscheint als schwarze Fläche. Das Mittelstück der Hornhaut kann ohne grossen Fehler als sphärisch gekrümmt betrachtet werden; seine vordere Brennweite ist nach Knapp etwa 22,7 Mm., seine hintere etwa 30,3 Mm.

Der Scheitel der Hornhaut steht von der Pupillarebene nach den Messungen von Helmholtz und Knapp etwa 4 Mm. ab. Wir werden erfahren, dass sich dieser Abstand bei dem Sehen in der Nähe etwas verringert, im Maximum etwa um 0,55 Mm. (Knapp).

Die Form der Linse ist eine biconvexe. Die Messung ihrer Gestalt ist am Lebenden sehr schwierig, doch können, wenn auch im Ganzen sicher Abweichungen von dieser einfachen Form vorhanden sind, die mittleren, allein zum Sehen verwendeten kleinen Linsenflächenabschnitte als sphärisch gekrümmt angesehen werden. Der Krümmungsradius der vorderen Linsenfläche verhält sich zu dem des hinteren wie 100 : 70. Durch diese Zahlen wird die stärkere Krümmung dem kleineren Radius entsprechend anschaulich.

Bei dem Sehen in der Nähe verändert sich die Krümmung sehr bedeutend sowohl an der vorderen als an der hinteren Linsenfläche, sie nimmt nach beiden Seiten zu. Knapp fand für die eben besprochenen Verhältnisse in einem der von ihm beobachteten Fälle den Krümmungsradius der vorderen Linsenfläche beim Fernsehen zu: 8,2972 Mm., den der hinteren zu: 5,3546 Mm. Beim Nahesehen den ersteren zu: 5,9213 Mm., den zweiten: 4,6585 Mm. Uebrigens schwanken diese Werthe für die einzelnen untersuchten Augen sehr bedeutend. Ebenso die Dicke der Linse: von 1,8—4,3 Mm. Auch sie ändert sich beim Nahesehen, und zwar nimmt sie der angegebenen Formveränderung entsprechend zu, z. B. von 3,6 zu 3,9 Mm. (Knapp).

Der Brennpunct der Linse liegt selbstverständlich je nach der verschiedenen Form der Linse bei jedem Individuum etwas verschieden. Helmholtz bestimmte seine Entfernung an zwei Augen zu etwa 46 Mm. Auch diese Grösse ändert sich natürlich beim Nahesehen mit der Linsengestalt. Knapp bestimmte den Brennpunct an einem Auge bei dem Fernsehen zu 37,7, bei dem Nahesehen zu 29,2 Mm.

Der Glaskörper ist ein homogenes Medium. Da sein Brechungsvermögen von dem des Humor aqueus nur äusserst wenig sich unterscheidet, so ist

also auch die Linse wie die Cornea vorn und hinten von gleichartig brechenden Medien begrenzt. —

Listing's schematisches Auge.

Es ergiebt sich vor Allem aus den bisher angestellten Betrachtungen, dass die optischen Eigenschaften des Auges sich nur mit grosser Schwierigkeit und trotzdem nur ungenügend rechnerisch verfolgen lassen. Nicht nur das verschiedene Brechungsvermögen der einzelnen Augenmedien, welches, wenn auch nur in geringer Weise, aber doch merklich dem ins Auge einfallenden Strahl immer wieder einen veränderten Weg anweisen, sondern besonders die unregelmässige Gestalt der optischen brechenden Flächen, welche nicht einmal immer genau centrirt sind, sodass ihre Axen nicht genau zusammentreffen, machen die gestellte Aufgabe mit Berücksichtigung aller Complicationen, zu einer fast unlösbaren. Da wir dabei weiter gesehen haben, dass jedes Auge noch dazu seine bedeutenden individuellen Schwankungen in den genannten Beziehungen aufweist, so war es ein grosses Verdienst Listing's aus all den Mannichfaltigkeiten ein schematisches Auge abzuleiten, in welchem ohne Schwierigkeit der Weg der einfallenden Strahlen bestimmt werden kann. Listing legte bei seinem schematischen Auge Zahlen zu Grunde, welche bei ihrer Combination möglichst einfache Werthe bildeten, dabei aber auch sich wenig von den wirklich beobachteten Mittelwerthen unterscheiden. Er betrachtet die brechenden Flächen als genau centrirt und sphärisch gekrümmt, sodass also die Krümmungsmittelpuncte auf einer geraden Linie liegen. Dabei berücksichtigt er nur drei brechende Flächen: die Vorderflächen der Cornea und Linse und die Hinterfläche der Linse, zu diesen gehören vier brechende Substanzen: Luft, Hornhautsubstanz und wässerige Augenfeuchtigkeit, Linse und zuletzt Glaskörper.

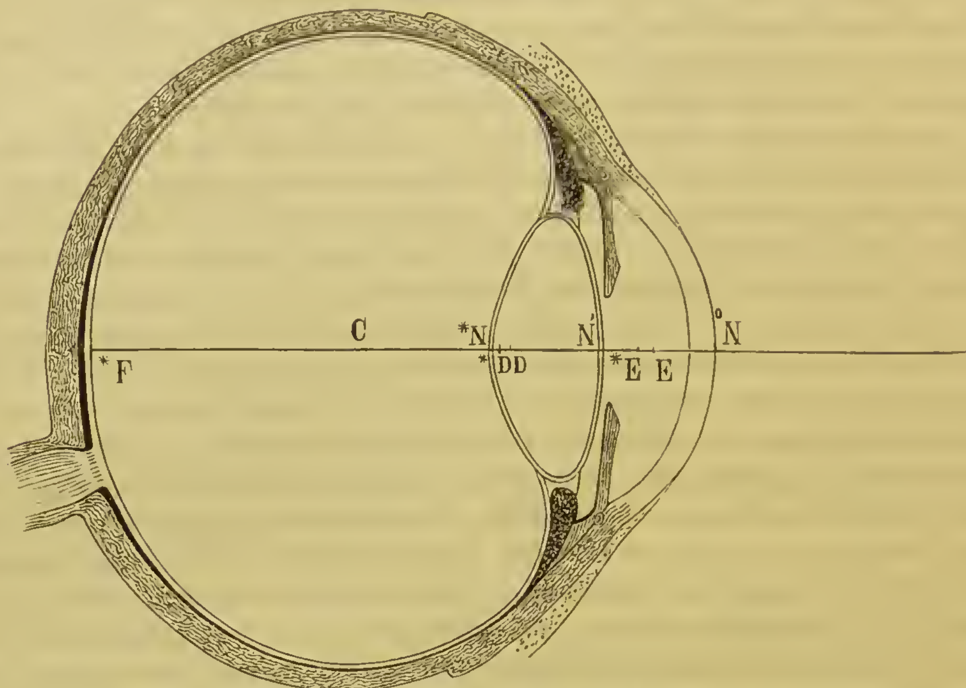
Man bedarf also nur der Kenntniss der Gestalt oder vielmehr des Radius dieser brechenden Flächen und der dazu gehörenden Brechungsindices; dann des Abstandes des Hornhautscheitels von dem Scheitelpuncte der vorderen Linsenfläche, sowie die des Scheitelpunctes der vorderen von dem der hinteren Linsenfläche. Dafür wählte Listing folgende Werthe:

Brechungsvermögen der Luft	1
,, ,, Hornhaut und des Humor aqueus	$^{103}/_{77}$
,, ,, Linse	$^{16}/_{11}$
,, des Glaskörpers	$^{103}/_{77}$
Der Krümmungsradius	
der vorderen Hornhautfläche N^0	8 Mm.
,, ,, Linsenfläche N^1	10 ,,
,, hinteren Linsenfläche N^*	6 ,,
Der Scheitelabstand	
zwischen Hornhaut und vorderer Linsenfläche, sowie zwischen letzterer und der hinteren Fläche	4 Mm.

Durch Rechnung erhält man daraus die Zahlenwerthe für die Lage der fünf Cardinalpuncte auf der optischen Axe (Fig. 177):

1) Der erste Hauptpunct E liegt 2,1746 Mm. hinter der vorderen Hornhautfläche.
2) ,, zweite Hauptpunct E' ,, 2,5724 ,, ,, ,, ,, ,,
3) ,, erste Knotenpunct D ,, 0,7850 ,, vor der hinteren Linsenfläche,
4) ,, zweite Knotenpunct D' ,, 0,3602 ,, ,, ,, ,, ,,
5) ,, zweite Brennpunct F^* ,, 14,6470 ,, hinter ,, ,, ,,

Fig. 177.



LISTING'sches Auge.

Die beiden Haupt- und Knotenpuncte liegen also je 0,3978 Mm. auseinander, die erste Brennweite beträgt 15,0072 Mm.

Da die beiden Haupt- und Knotenpuncte sich so nahe liegen, lässt sich leicht dieses Schema noch weiter vereinfachen, indem man jedes Paar in einen einzigen Punct vereinigt. Das Auge wird dabei als aus einer einzigen brechenden Substanz von dem Brechungsvermögen des Glaskörpers betrachtet: $^{103}/_{77}$, mit einer einzigen brechenden Fläche, der sphärisch gedachten Cornealfläche mit einem Halbmesser von 5,1248 Mm. Der Hauptpunct dieser künstlichen Cornea liegt nur 2,3448 Mm. hinter dem Scheitelpunct der wirklichen, der Knotenpunct nur 4,764 Mm. vor der hinteren Linsenfläche. Man nennt dieses Augenschema: das reducirte Auge und bedient sich desselben mit ganz ausreichender Genauigkeit bei den physiologisch optischen Berechnungen.

Es reducirt sich damit die Bestimmung des Ganges der Lichtstrahlen im Auge auf das einfachste Verhältniss der Brechung der Lichtstrahlen durch eine einfache kugelig gekrümmte Fläche, welche zwei brechende Substanzen von einander trennt, sodass der Vergleich des Auges mit der einfachen Camera obscura wieder ein vollkommen passender wird. Das Bild eines Objectpunctes auf der Netzhaut kann danach mit ganz der gleichen einfachsten Constructionsweise gefunden werden, die wir einleitend angewendet haben. —

Der Brennpunct des optischen Augenapparates fällt, wie schon erwähnt, in die Retina bei einem normalen Auge, sodass demnach ein solches von allen

fernliegenden Objecten deutliche, scharfe Bilder auf der Retina entwirft, welche zu scharfen Gesichtswahrnehmungen Anlass geben. Es ist aus täglicher Erfahrung Jedem bekannt, dass ein normales Auge Gegenstände beinahe in jeder Entfernung deutlich sehen kann, und dass diese Fähigkeit durch unseren Willen in Ausübung gebracht wird.

Wir haben schon gesehen, dass alle weit von der brechenden Fläche entfernten Objecte, auch wenn die Strahlen, die von ihnen ausgehen noch nicht als vollkommen parallel angesehen werden können, doch scharfe Bilder auf der Brennebene entwerfen. Die Zerstreuungskreise, die den einzelnen Bildpuncten entsprechen, sind dann eben noch äusserst klein, sodass sie nicht wesentlich die Schärfe des Bildes beeinträchtigen. Die eigentlich lichtpercipirenden Organe des Auges sind die Stäbchen und Zapfen. Es ist klar, dass jeder Lichtpunct bis zur Grösse des Durchmessers eines Stäbchens wird anwachsen können und erst, wenn er diesen überschreitet, wird er dadurch, dass zwei Stäbchen von dem einfach zu empfindenden Lichteindruck berührt und erregt werden, zu undeutlichen Gesichtswahrnehmungen Anlass werden. Die Zerstreuungskreise, welche bei parallelen Strahlen aus unendlich weiter Entfernung einen Durchmesser von der Grösse 0 Mm. besitzen, wachsen nach Listing bei einem Abstand von 65 Meter auf 0,0011 Mm., bei 25 Meter auf 0,0027 Mm., sodass sie dann also etwa mit dem Durchmesser der Zapfen übereinstimmen, wie sich dieser in der Centralgrube des gelben Fleckes zeigt: 0,002—0,003, während die Stäbchen einen Durchmesser von nur 0,0008 besitzen. Bei 1,5 Meter Abstand erlangt der Zerstreuungskreis schon die Grösse von 0,0443 Mm., bei 0,088 Meter von 0,6484 Mm. Der Vereinigungspunct der Strahlen rückt dabei immer mehr nach hinten hinter die Brennebene, in der die Retina liegt, er kommt bei 0,088 Meterabstand des Objectes schon 3,42 Mm. hinter sie zu liegen. Anfänglich wächst dieser Abstand mit der grösseren Annäherung nur sehr langsam, sodass der Vereinigungspunct doch noch in die Retina fällt. Wir müssen annehmen, dass alle die Objecte, deren Bildpunct innerhalb der Längenausdehnung der Retinalzapfen und Stäbchen fällt, noch deutlich gesehen werden können, da eine sehr geringe Verschiebung des Vereinigungspunctes der Strahlen noch nicht ein Undeutlichwerden des Bildes bedingt. Die Länge der Stäbchen wird dadurch wichtig, sie beträgt: 0,028—0,036‴. Der Abstand des Vereinigungspunctes der Strahlen von dem hinteren Brennpuncte beträgt bei 65 Meter Objectabstand vom Auge erst 0,005 Mm., bei 12 Meter: 0,025 Mm.; bei 0,088 Meter: 3,42 Mm. Demnach verlegt erst eine bedeutende Annäherung der Objecte an das Auge den Bildpunct hinter die percipirenden Organe.

Accommodation.

Wenn eine solche Annäherung der Objecte an das Auge erfolgt ist, beginnt die Nothwendigkeit, um scharfe Bilder auf der Netzhaut zu entwerfen, eine Veränderung in den Brechungsverhältnissen der Augenapparate eintreten zu lassen. Nur dadurch ist es möglich, da die Netzhaut eine unveränderliche Stellung im Auge besitzt, die Bildpuncte auf ihr zu ent-

werfen. Bei der Camera obscura kann man dagegen durch Verschiebung des auffangenden Schirmes die Bilder deutlich machen. Wir haben schon besprochen, dass die Krümmungen der brechenden Flächen bei dem Sehen in die Nähe verändert werden: die positive Accommodation besteht darin, dass die Linsenflächen des Auges eine stärkere Krümmung erhalten und zwar vor allem ihre vordere Fläche, sodass der Brennpunct des optischen Systemes dadurch weiter nach vorne gerückt wird, sodass die Vereinigung der Strahlen von nahen Objecten dann doch noch in die Netzhaut fällt. Wenn das Auge für die Nähe accommodirt ist, entstehen natürlich auf der Netzhaut Zerstreuungskreise von den entfernt liegenden Objecten.

Das ruhende normale Auge ist für parallele Strahlen accommodirt, für nah liegende Objecte, welche divergirende Strahlen ins Auge senden, muss demnach eine active Accommodation eintreten.

Es herrscht in dieser Beziehung bei den Augen verschiedener Individuen eine bedeutende Verschiedenheit. Es giebt für jedes Auge eine Grenze, über welche herein ein Object dem Auge nicht mehr weiter genähert werden kann, ohne undeutlich zu werden: den Nahepunct des Auges; ebenso lässt sich für jedes Auge der Fernpunct auffinden, über den hinaus ein Object nicht mehr entfernt werden darf, wenn es noch scharf gesehen werden soll. Der Abstand zwischen Fernpunct und Nahepunct ist die deutliche Sehweite. — Nur bei vollkommen normalen Augen ist der Fernpunct wirklich unendlich weit entfernt, der Nahepunct rückt auf etwa 4 Zoll an den Hornhautscheitel heran. Bei den meisten Augen hingegen, bei denen der Fernpunct sehr weit von dem Auge entfernt liegt, liegt auch der Nahepunct von diesem weitab (Fernsichtigkeit); bei Augen, bei denen der Fernpunct nahe an das Auge heranrückt, die schon in der Ruhe also für divergirende Strahlen accommodirt sind, rückt auch der Nahepunct näher herzu (Kurzsichtigkeit).

Die stärkere Krümmung der accommodirten Linse wird durch Muskelwirkung hervorgebracht. Indem sich die Circularfasern des Musculus tensor chorioideae, welcher die Linsenwand umkreist, verkürzen, pressen sie die Linse zusammen, sodass sie dicker werden muss, gleichzeitig ziehen die Radiärfasern, welche an der Chorioidea ansitzen, diese und mit ihr den in ihr eingeschlossenen Glaskörper nach vorne und pressen dadurch die Linse, welche nicht ausweichen kann, auch etwas vor, sodass eine stärkere Wölbung der vorderen Fläche erfolgen muss. Es ist klar, dass je nach der Grösse des Radius, welchen die Linse in ruhendem Zustande des Auges besitzt, je nach der Stärke der Muskelwirkung der Effect der Accommodation ein verschiedener sein wird, sodass sich aus derartigen Verschiedenheiten die Unterschiede in dem Accommodationsvermögen erklären.

Nach Th. Weber, dessen Annahme sich bedeutende Ophthalmologen anschliessen, existirt auch eine sogenannte negative Accommodation für das kurzsichtige Auge, welches für divergirende Strahlen in der Ruhe eingestellt ist, wodurch es sich für entferntere Objecte accommodiren soll. Der Mechanismus dieses Vorganges ist noch vollkommen unbekannt; man vermuthet, dass er in einer durch das Zusammenpressen des Augapfels durch die

äusseren Augenmuskeln beruhenden Verkürzung der Augenaxe und Abflachung des Augapfels besteht.

Während der positiven Accommodation verengert sich gleichzeitig die Pupille*). Die Iris ist jedoch zur Accommodation nicht erforderlich, da auch ein Auge, dem die Iris vollkommen fehlt, noch accommodiren kann. Die Iris dient, wie das Diaphragma an optischen Instrumenten, für die Abblendung der Randstrahlen, welche bekanntlich einen anderen Vereinigungspunct besitzen als die central einfallenden, sowie zur Regulirung der Lichtmenge, die in das Auge hereindringt, indem sich die Pupille bei jedem Lichtreiz, der auf die Retina wirksam wird, verengert.

Die Irismuskeln, der Sphincter und Dilatator pupillae sind bekanntlich von zwei verschiedenen Nerven versorgt. Der Dilatator steht unter dem Einfluss des Sympathicus, der Sphincter wird vom Oculomotorius bewegt. Die Reizung der Netzhaut bringt reflectorisch eine Reizung des Oculomotorius und damit eine Contraction der Pupille zu Wege. Aehnlich reflectorisch wirkt auf den Oculomotorius die Reizung der Accommodationsnerven (durch den Willen) wie wir eben gesehen haben, da sich dabei ja auch die Pupille verengert. Eine Verengerung kann auch durch Lähmung des Sympathicus (Durchschneiden am Halse, Vergiften mit Nicotin) eintreten, da dadurch der Sphincter das Uebergewicht erhält. Bei Lähmung der Oculomotorius-Nervenenden im Auge durch Atropin tritt dagegen eine Erweiterung der Pupille, da nun der Sympathicus in seiner Wirkung überwiegt, hervor.

Optische Eigenthümlichkeiten des Auges.

Unsere bisherigen Betrachtungen haben uns gezeigt, dass trotz der grossen Vollkommenheit, mit welcher das Auge gebaut ist, wodurch wir so wunderbare Effecte erzielt sehen, die Einrichtungen nicht vollkommen fehlerlos gemacht sind. Es zeigt sich dagegen überall bei dem Auge das Bestreben, die vorhandenen optischen Fehler in Grenzen herunterzudrücken, in denen sie für die Schärfe des entstehenden Bildes nicht mehr schädlich sind. Wir haben Gelegenheit gehabt die Abweichungen von der regelmässigen Gestalt an den optischen Flächen zu besprechen. Es ist uns schon dort klar geworden, dass die mannigfach sich findenden Abweichungen der Krümmungen der Flächen die scharfe Vereinigung der von einem Objectpunct ausgehenden Strahlen in einen Bildpunct verhindern müssen. Jeder kleine Abschnitt der brechenden Flächen bekommt so seinen eigenen Bildpunct, sodass viele solche neben einander zu liegen kommen und die Figur verzerren. Daher rührt z. B. die sternförmige Gestalt, die wir scheinbar an einfachen Lichtpuncten ohne alle wirkliche Ausdehnung wie an den Fixsternen wahrnehmen. Man nennt diese Ungleichartigkeiten in der Gestalt der brechenden Flächen, die, wenn sie einen hohen Grad erreichen, störend auf das Sehvermögen einwirken [wie z. B. auf der Cornea aufsitzende Thränen]: Astigmatismus und zwar in der eben besprochenen Weise unregelmässigen Astigmatismus. Bei

*) Ueber die Bewegungen der Pupille vergleiche die Angaben in der Nervenphysiologie.

der Hornhaut haben wir schon erkannt, dass dieselbe nach verschiedenen Meridianen verschieden stark gekrümmt ist, der horizontale Meridian ist meist schwächer gekrümmt als der verticale, sodass sie also verschiedene Bildpuncte entwerfen, die Folge davon ist der regelmässige Astigmatismus, welcher an fast allen Augen nachweisbar ist, aber nur verhältnissmässig selten das Sehvermögen wirklich beeinträchtigt.

Schon die bedeutendere Ausdehnung der brechenden Flächen allein für sich führt zu Abweichungen der Strahlen, da in Wahrheit nur solche auf die brechende Fläche auffallende Strahlen zu einem einzigen Bildpuncte vereinigt werden, welche so nahe der Axe einfallen, dass man die getroffene Stelle als eine Ebene ansehen kann, die Randstrahlen haben dagegen einen anderen Vereinigungspunct (monochromatische oder sphärische Abweichung). In optischen Instrumenten werden die Randstrahlen durch das Diaphragma abgeblendet, sodass nur der centrale Theil der brechenden Fläche wirklich benutzt wird. Im Auge wirkt in dieser Richtung die Iris. Im Auge sind diese Abweichungen noch dadurch compensirt, dass die brechenden Flächen keine sphärische Krümmung besitzen, sondern Ellipsoide darstellen, bei denen die Krümmung nach den Rändern zu abnimmt, sodass die Randstrahlen schwächer gebrochen werden als die mehr central einfallenden, wodurch die Möglichkeit der Vereinigung aller Strahlen zu einem Bildpunct gegeben wird. Aehnlich ist das verschiedene Brechungsvermögen der Linsensubstanz in verschiedenen Schichten zu verstehen, sodass die Randstrahlen ebenfalls schwächer gebrochen werden. Dadurch ist bei normalen Augen eine fast vollkommene Correction der sphärischen Abweichung, wie sie die optischen Instrumente unserer Technik zeigen, erreicht.

Auch die Farbenzerstreuung (die chromatische Abweichung) ist bei dem Auge fast vollkommen vermieden. Schlechtere optische Instrumente zeigen um ihre Bilder oft sehr grosse farbige Zerstreuungskreise, farbige Ränder, welche daher rühren, dass das weisse Licht durch Brechung in seine farbigen Componenten zerlegt wird, weil die Farben verschiedene Brechbarkeit zeigen, am stärksten werden die violetten, am schwächsten die rothen Strahlen gebrochen. In der Mitte der Bilder decken sich die Zerstreuungskreise der einzelnen Farben, sodass da ein weisser Mittelpunct entsteht, an den Rändern nur können die Farben zur Erscheinung kommen. Dadurch, dass complementäre Farben auf einander fallen in diesen Zerstreuungskreisen, kann es kommen, dass auch die Ränder der Bilder weiss erscheinen. Im Auge ist es der Fall, dass man die farbigen Ränder, welche fast stets vorhanden sind, gewöhnlich übersieht, da sie verschwinden gegen den centralen starken weissen Lichteindruck. Die Zusammensetzung der brechenden Augenmedien aus Substanzen verschiedener Art hat zu dem Gedanken geführt, die optischen Gläser auch aus mehreren brechenden Substanzen (Flint- und Crownglas) zusammen zu setzen, wodurch man wirklich möglichst achromatische Bilder erhält. Es ist sehr wahrscheinlich, dass die Geringfügigkeit der chromatischen Abweichung, die das Auge zeigt, auf demselben Grunde beruht, wozu noch das geringe Dispersionsvermögen der Augenmedien kommt, die sich hierin nach Helmholtz wenig von destillirtem Wasser unterscheiden. —

Gang der Lichtstrahlen aus dem Auge heraus.

Ehe wir die Verhältnisse der Lichtbrechung verlassen, haben wir uns noch zu fragen, was mit den Lichtstrahlen wird, wenn sie in das Auge gefallen sind.

Dass sie dort nicht zerstreut werden, geht schon daraus hervor, dass der Augenhintergrund bei dem Hineinblicken schwarz erscheint. Offenbar werden die Lichtstrahlen zum Theil von dem schwarzen Pigmente des Auges absorbirt werden müssen. Zum Theil werden sie aus dem Auge auf demselben Wege wieder heraus geworfen, reflectirt, auf dem sie in das Auge gelangten, sodass sie von dem Auge zum Bildpuncte zurückgeworfen werden. Wir können daher nur dann, wenn wir unser Auge selbst zum Ausgangspunct von Lichtstrahlen machen (Augenspiegel), den Augenhintergrund eines anderen Auges, in das wir blicken, beleuchtet sehen, weil wir in allen anderen Fällen, wenn wir in das Auge sehen, die Lichtquelle verdecken werden.

Die Lichtstrahlen, welche in der Richtung der Axe der Stäbchen eingefallen sind, werden in derselben Richtung wieder reflectirt. Da auch im Winkel in das Stäbchen einfallende Strahlen von einem Stäbchen nicht auf das andere übergehen und so mehrere gleichzeitig erregen, so müssen die Stäbchen von einer Schichte umgeben sein, welche die Strahlen wieder reflectirt und dadurch nach ein- oder mehrmaliger Reflexion auf die Chorioidea wirft, von wo sie wieder auf demselben Wege zurückgeworfen werden. Da das Auffallen der Strahlen auf die Seitenwand der Stäbchen unter sehr stumpfem Winkel erfolgt, so braucht man nur eine schwachlichtbrechende Substanz als Zwischenschichte zwischen den Stäbchen anzunehmen und dadurch die eintretende totale Reflexion an den Wänden zu erklären.

Würde diese Reflexion an den Wänden der eigentlich lichtempfindenden Organe nicht stattfinden, so wäre auch damit schon ein deutliches Sehen unmöglich gemacht, da sich die Lichteindrücke von einem Stäbchen auf das andere fortpflanzen und dessen Nervenfaser mit erregen müssten.

Abschnitt II.

Das Sehen.

Entoptische und Farbenwahrnehmungen.

Die Umsetzung der Aetherschwingungen in einen Nervenreiz erfolgt allein in den Endorganen des Opticus: in den Stäbchen und Zapfen.

Die Zapfen scheinen dazu noch geeigneter zu sein als die einfacher gebauten Stäbchen, da an der Stelle des schärfsten Sehens an der Fovea centralis, welche fast genau am Endpuncte der Augenaxe liegt, allein diese ersteren Organe vorhanden sind. Ganz in demselben Verhältnisse, in welchem wir die Sehschärfe nach der Peripherie der Retina abnehmen sehen, werden auch die Zapfen seltener. Wir sahen ja, dass in der Ausbreitung des gelben Fleckes jeder Zapfen von einer nur einfachen Schichte von Stäbchen umgeben

ist, während sich weiter gegen den Retinalrand zu immer mehr und mehr Schichten einschieben.

An der Eintrittsstelle des Opticus fanden wir keine Stäbchen oder Zapfen stehen. Es hat dieser Mangel die nothwendige Folge, dass die betreffende Retinastelle nicht vermögend ist, Lichteindrücke hervorzurufen, sie ist blind, was man unschwer nachweisen kann, dadurch dass von zwei etwa zwei Zoll auseinander auf weissem Papier stehenden schwarzen Puncten bei dem Fixiren des links stehenden mit dem rechten Auge bei geschlossenem linken Auge der rechts stehende Punct verschwindet, sobald sein Bild auf den blinden Fleck fällt, was man durch Probiren, indem man das Auge dem Puncte nähert und entfernt, leicht erreichen kann. Alles was auf dem Wege der Lichtstrahlen vor den Stäbchen und Zapfen im Innern des Auges liegt, kann dann, wenn es einen Schatten auf die Stäbchenschichte wirft, entoptisch wahrgenommen werden, z. B. die Trübung und Verdunkelung einzelner Partien der brechenden Augenmedien; sie erscheinen als Kugeln, Puncte, Perlschnüre, Streifen. Sitzen solche Verdunkelungen im fast flüssigen Glaskörper, so sind sie bei raschen Kopfbewegungen auch beweglich, steigen auf oder senken sich und werden dann Mücken (Mouches volantes) genannt. Man kann diese Wahrnehmung zu dem Beweise verwerthen, dass es wirklich die genannten Organe allein, nicht etwa auch andere Elemente der Retina sind, welche die Lichtempfindung hervorrufen. Wir können nämlich auch integrirende Theile der Retina selbst zur Anschauung bringen: die Retinalgefässe, welche direct unter der Stäbchen- und Zapfenschichte nach innen zu liegen und somit bei greller Beleuchtung ein Schattenbild auf der Stäbchenschichte zeichnen, indem sie die hinter ihnen liegenden Stäbchen und Zapfen vor der Lichteinwirkung schützen. Es erscheint dann die schön verzweigte Aderfigur der Retinalgefässe in dem Gesichtsfelde natürlich schwarz auf lichtem Grunde. Bei sehr greller Beleuchtung gelingt es sogar die Bewegung der Blutkörperchen in den Retinacapillaren zu sehen. Die Opticusfasern, die auf Nervenreize: wie Druck, Elektricität etc. Lichtempfindungen hervorrufen vermittelst ihrer specifischen Energie, sind also sicher für Licht selbst unerregbar (blinder Fleck).

Die Intensität der Lichtempfindung ist von der Intensität der Aetherschwingungen, welche die Endorgane des Opticus treffen, abhängig; das Gesichtsorgan der Seele im Gehirne bildet sich durch den stärkeren Reizzustand seiner zuleitenden Fasern eine Vorstellung von der stärkeren oder geringeren Intensität des ihm als normale Erreger der Opticusfasern bekannten Agens. Viel schwieriger ist die Fähigkeit der Unterscheidung des Lichtes nach verschiedenen Qualitäten: roth, blau etc. zu begreifen. Die Farbe des Sonnenlichtes ist an sich weiss, es kann durch ein Spectrum in seine einfachen Componenten: die Spectralfarben aufgelöst werden, Aetherschwingungen, welche sich eine von der anderen durch verschiedene Wellenlängen unterscheiden.

Ueber die sichtbaren Grenzen des Spectrums hinaus finden sich auch noch Wellenbewegungen des Lichtes, für welche aber das Auge keine sie als Farbe empfindenden Organe besitzt. Ueber das Roth des Spectrums hinaus liegen die thermischen oder Wärmestrahlen, die ultrarothen, sie bleiben durch ihre zu grosse Wellenlänge unter allen Umständen unsichtbar: die chemischen Strahlen, die ultravioletten, mit kleinerer Wellenlänge, bedür-

fen, um sichtbar zu werden, eigener Vorrichtungen. Sie erscheinen dann bläulich weiss.

Die Farben werden erst unter einem bestimmten Gesichtswinkel (cf. unten) erkannt (Plateau). Die Grösse dieses Gesichtswinkels ist für die verschiedenen Farben verschieden. Unter dem kleinsten Gesichtswinkel wird noch Orange erkannt, dann folgt: Roth, Grün, Cyanblau, Blau (H. Aubert). Bei schwächerer Beleuchtung verschwinden dem Auge die Farben der Objecte, z. B. in der Dämmerung, zunächst Grün und Blau, dann Orange, Roth und Gelb. Es lassen sich dann nur noch die Helligkeitsunterschiede der Farben erkennen.

Helmholtz hat für einige specielle Fälle die Wellenlänge gemessen, die man etwa als Mittelwerthe ansehen kann:

Roth	hat eine Wellenlänge		von	0,0002425'''
Gelb	,,	,,	,,	,,	0,0002095
Blau	,,	,,	,,	,,	0,0001809
Violett	,,	,,	,,	,,	0,0001600

Ausser diesen einfachen Farben kennt man noch Mischfarben, welche durch Mischung zweier einfacher Farben, durch Vereinigung von Strahlen verschiedener Wellenlängen zu einem resultirenden Wellensysteme entweder ausserhalb oder innerhalb des Auges entstehen. Die complicirteste Mischfarbe ist das Weiss des Sonnenlichtes, das aus der Mischung aller Spectralfarben entsteht. Auch schon durch die Mischung einzelner einfacher oder Mischfarben mit einander entsteht Weiss, doch nicht so glänzend wie im Sonnenlichte. Mann nennt solche Farben, welche mit einander gemischt Weiss geben in dieser Beziehung: »Complementärfarben«. Solche Complementärfarben sind nach Helmholtz: Roth und Grünblau, Orange und Blau, Goldgelb und Blau etc.

Es liegt sehr nahe anzunehmen, dass sich die verschiedene Wellenlänge direct als eine Verschiedenheit des Reizzustandes der erregten Opticusfaser dem Gehirne zuleitet, sodass wir also einen »grünen« Erregungszustand, wenn man so sagen will, annehmen würden. So lange man den Zustand der Nervenerregung in eine Oscillation seines Nervenäthers verlegte, hatte diese Anschauung keine wesentliche Schwierigkeit; man konnte sich leicht denken, dass die Oscillationen des Lichtäthers, durch welche die Oscillationen des Nervenäthers, den man für nicht wesentlich von jenem verschieden hielt, angeregt würden, ihre Wellenlängen direct auf den letzteren übertragen könnten, oder dass doch wenigstens durch den Anstoss der Aetherwellen an den Endorganen Bewegungen in denselben und in ihren Nerven hervorgerufen würden, welche eine gewisse Aehnlichkeit mit den Bewegungen des Lichtäthers besässen. Man fand so keine Schwierigkeit darin, anzunehmen, dass jede Opticusfaser zur Leitung der verschiedensten Farbeneindrücke befähigt sei. Das Experiment selbst scheint für diese Annahme sich zu entscheiden. Lassen wir rasch hinter einander verschiedene Farbeneindrücke auf die Netzhaut einwirken, so erhalten wir den Eindruck der Mischfarbe. Es zeigt die Netzhaut bekanntlich ein deutliches Beharrungsvermögen in ihrem Reiz-

zustande, sodass z. B. der Farbenreiz noch nachwirkt, nachdem die reizende Ursache schon aufgehört hat einzuwirken. Trifft in diesem Zustand die Netzhaut ein neuer Farbenreiz, so erfolgt eine Mischempfindung, man glaubt die Mischfarbe aus den beiden Farben zu sehen. Es lässt sich dieser Satz leicht nachweisen an einer verschieden gefärbten Scheibe, die man rasch am Auge vorüber dreht (Farbenkreisel). Noch auffallender ist der andere Versuch, auf die identischen Stellen der Netzhäute in beiden Augen, deren Erregung wir gewöhnt sind, als eine einfache Empfindung aufzufassen, verschiedene Farbeneindrücke einwirken zu lassen, sodass das eine Auge eine andere Farbe dem Gehirnorgane des Gesichtes zuleitet als das andere. Es verbinden sich dann (wenigstens für manche Augen, auch für meine, bei anderen entsteht abwechselnd der eine oder der andere Eindruck: Wettstreit der Sehfelder) ebenfalls diese Eindrücke zu einer Mischempfindung, man glaubt die aus der Mischung der beiden Farben hervorgehende Mischfarbe zu sehen. So scheint es, dass die Molecularbewegung in den Nerven mit den Bewegungen des Aethers eine gewisse Aehnlichkeit besitzt, weil die objective Mischung der Farben ganz den gleichen Erfolg hat, wie die Combination der verschiedenen Erregungszustände der Nerven selbst.

Der zweite angeführte Versuch, wenn wirklich auf beide Augen verschiedene Farbeneindrücke hervorgerufen werden können, die sich zu dem Eindruck einer Mischfarbe vereinigen, zeigt deutlich, dass diese Mischung nicht in dem Verlaufe der Nerven, innerhalb desselben Nerven etwa stattfindet, sondern dass sie erst in den Gehirnorganen selbst erfolgt. Die beiden Farbeneindrücke werden je gesondert dem Gehirne zugeleitet; sodass, wenn wir bei der Annahme der Verschiedenheit des Erregungszustandes nach den verschiedenen Wellenlängen des reizenden Lichtäthers stehen bleiben, die Opticusfasern des einen Auges eine »gelbe«, die anderen eine »rothe« Erregung leiten würden, erst im Gehirne können sich diese verschiedenen einfachen Molecularbewegungen zu einer resultirenden gemischten Bewegungsform vereinigen, die dann das Seelenorgan als Mischfarbe auffassen wird.

Die Annahme einer verschiedenartigen Molecularbewegung in den Nerven je nach dem einwirkenden Reiz steht in nicht zu verkennendem Widerspruch zur Lehre von den specifischen Energien, welche als Grundsatz die qualitative Gleichheit des Erregungszustandes aller Nerven aufstellt, der sich erst in dem Erfolgsorgane zu verschiedenartigen Effecten gestaltet. Soll diese Lehre aufrecht erhalten werden, so müssen wir für die absolut verschiedenen Qualitäten der Lichtempfindung eigene Erfolgs- und Reizorgane annehmen; von denen die letzteren im betreffenden Falle nur durch Aetherschwingungen von bestimmter Wellenlänge erregt, angesprochen werden können; während die in den nervösen Centralorganen gelegenen Erfolgsorgane durch ihren irgend wie erfolgten Erregungszustand der Seele den specifischen Eindruck der als Reiz wirkenden Farbe unter allen Umständen hervorrufen. Diese letztere Annahme gründet sich vor allem auf von Young und von Helmholtz vorgetragene Anschauungen. Man müsste danach annehmen, dass an jeder für Farben empfindlichen Netzhautstelle mehrere Opticusfasern von verschiedenen specifischen Energien endigten, von denen stets nur die erregt werde, welche für die Umwandlung der speciellen einfachen Farbe in einen Nervenreiz geeignet

gebaut ist. Mischfarben würden sonach in dem Auge wieder in ihre einfachen Componenten zerlegt, sodass durch Orange sowohl die roth- als die gelbempfindenden Fasern an derselben Stelle erregt würden, während die blauempfindenden z. B. unerregt blieben. Die Mischung beruhte dann auf einem Vorgange im Erfolgsorgane im Gehirn, das zwei gleichzeitig neben einander stattfindende Reizzustände mit einander zu einem einzigen verschmilzt; wir vermuthen (E. H. Weber), dass sich naheliegende sensible Reizorgane auch Erfolgsorgane im Gehirne besitzen, welche sich entsprechend nahe liegen, sodass der Erregungszustand des einen leicht mit dem des anderen von der Seele combinirt werden kann. So müsste man an jeder Netzhautstelle wenigstens drei farbenempfindende Elemente annehmen: eines für Roth, ein anderes für Grün, ein drittes für Violett, aus deren gleichzeitiger Erregung die Vorstellung der Mischfarben hervorging. Die Verschiedenheit dieser Mischfarbenvorstellung je nach dem Ueberwiegen der einen oder der anderen einfachen Farbe in der Farbenmischung, lässt sich dann leicht aus der verschiedenen Intensität der Erregung der verschiedenen Fasern ableiten. Es ist selbstverständlich, dass für diese Anschauung die oben erwähnte Thatsache spricht, dass die Mischung der einfachen Farbeneindrücke wenigstens unter Umständen erst im Gehirne erfolgt, sodass wir nach Analogie auch für die anderen Erregungszustände der Opticusfasern dasselbe Verhalten voraussetzen dürfen auch in Fällen, in denen es sich nicht direct nachweisen lässt. Man hat auch versucht die Thatsache hier zu verwerthen, dass manche Augen für bestimmte Farben unempfindlich sind, die sogenannte: Farbenblindheit. Der aufgestellten Anschauung entsprechend fehlen bei solchen Farbenblinden in der Empfindung der Mischfarben ebenfalls die Farbeneindrücke, welche von den Farben herrühren sollten, für die das Auge nicht empfindlich ist, sodass die Mischfarben danach gar nicht oder in anderer Farbe erscheinen, als sie es für ein normales Auge thuen. Jedes Auge ist an den Randtheilen der Netzhaut rothblind. Es fehlen dort die rothempfindenden Organe. Das äusserste Roth erscheint dort farblos grau und lichtschwach, Gelb erscheint lauchgrün, Grün bläulich weiss, Blau bläulich grün, Violett dunkelblau (Schelske).

Dieser Farbenwechsel erklärt sich aus der Jung-Helmholtz'schen Hypothese nur unter der schon eben gemachten Voraussetzung, dass die Randtheile der Retina rothblind seien. Wenn wir uns an diese Hypothese anschliessen, so nehmen wir drei verschiedene Opticusendapparate an. Der erste derselben wird am stärksten durch rothes Licht erregt, schwächer von Gelb, am schwächsten von Violett, seinen Erregungszustand empfinden wir als Roth. Der zweite der Apparate erweckt uns durch seine Erregung die Vorstellung des Grün. Er wird am stärksten durch grünes Licht, schwächer durch gelbes und blaues, noch schwächer durch rothes Licht erregt. Der dritte Apparat wird am stärksten durch violettes Licht erregt, schwächer durch Grün, noch schwächer durch Roth; seine Erregung empfinden wir als Violett. Wird der erste und zweite Apparat gleichzeitig erregt, so empfinden wir Gelb. Gemeinschaftliche Erregung des zweiten und dritten erregt die Vorstellung von Blau; gleichzeitige Erregung aller drei giebt die Empfindung von Weiss. Fehlen die rothempfindenden Opticusendapparate, so werden durch Roth nur die grünempfindenden und violettempfindenden Elemente sehr schwach erregt,

so entsteht der Eindruck von Graublau. Da die Empfindung des Gelb sich aus der Erregung der roth empfindenden und grün empfindenden Elemente mischt, so wird bei dem Mangel der ersteren Gelb nur grün scheinen können. Grün wird blau erscheinen, da die Violett empfindenden Elemente schon im merklichem Grade mit erregt werden; Blau muss wegen gleichstarker Erregung aller (beider) vorhandener Farbenempfindungsapparate weiss erscheinen, das äusserste Blau und Violett blau. Derselbe Zustand, der bei jedem Auge an den Randstellen der Retina auftritt, kann über die ganze Retina verbreitet vorkommen. Er wird dann wie gesagt als Farben- oder Rothblindheit, Daltonismus beschrieben (Schelske).

Es ist klar, dass wir diese Hypothese solange nicht für erwiesen ansehen können, bis es gelungen ist, sie auf anatomische Basis zu begründen und durch das Experiment das Vorhandensein der verschiedenen Energien verschiedener Opticusfasern und verschiedener Gesichtserfolgsorgane im Gehirne für die verschiedenen Farben nachzuweisen. Der letztere Beweis der specifischen Energien könnte durch Reizung des Opticusstammes geführt werden, wenn es gelingen würde, die einzelnen Fasern gesondert zu erregen. Dieser Versuch scheint nicht zu gelingen, da die directe Reizung durch Schnitt, Druck vom Narbengewebe aus etc. auf den Opticus keine Farbenerscheinungen sondern stets nur die componirte Empfindung des Lichtes, Feuers hervorzurufen scheint. Elektrische Reizung der Retina hingegen bringt Farbenerscheinungen hervor; nach Purkinje wird durch einen constanten elektrischen Strom, den man in aufsteigender Richtung durch die Netzhaut schickt bei geschlossenen Lidern das Gesichtsfeld weisslichblauviolett. Bei umgekehrter Richtung des Stromes dagegen dunkelröthlichgelb. Betrachtet man während des Stromdurchganges Farben, so zeigen sie sich bei aufsteigender Stromrichtung mit Blau, bei absteigender mit Gelb gemischt (Schelske). Helmholtz vermuthet hier eine Analogie mit dem Elektrotonus. Druck auf die Retina erzeugt meist nur die gemischte Lichtempfindung, doch ist es aus der Augenheilkunde bekannt, dass auch gewisse Farbeneindrücke (Blau) durch gesteigerten Druck im Innern des Auges auf die Retina eintreten können. Dass im Gehirn Organe für specifische Farbenempfindung existiren, geht vielleicht aus der schon angeführten Beobachtung an Blinden mit ausgeschnittenem Auge hervor, die während des Schlafes, solange das centrale Gesichtsorgan im Gehirne noch nicht atrophirt ist, noch farbige Bilder sehen, die doch sicher ihre Entstehung allein inneren Reizzuständen des Gehirnes verdanken können, durch welche sonach allein schon Farbenvorstellungen in der Seele erweckt werden können.

Da für die letztvorgetragene Hypothese die Begründung noch nicht gelungen ist, so bleiben die meisten Physiologen bisher der Annahme eines qualitativ verschiedenen Reizzustandes in der einzelnen Opticusfaser je nachdem sie die Vorstellung einer bestimmten Farbe erweckt, treu, sowenig man sich eine derartige Verschiedenheit erklären kann.

Subjective Gesichtswahrnehmungen.

Der Reizzustand der Netzhaut, der durch intensive Farbeneindrücke entsteht, führt zu subjectiven Gesichtswahrnehmungen, die nur im

Organismus selbst, nicht in der ihn umgebenden Aussenwelt begründet sind und somit zu Sinnestäuschungen Anlass geben können. Hört eine intensive Farbenreizung auf, so kehrt die Netzhaut nicht sogleich in ihren Ruhezustand zurück, es entstehen im Auge Nachbilder der gefärbten Gegenstände. War der Lichteindruck ein sehr starker, so hinterlässt er für eine kurze Zeit die Netzhaut unerregbar, sodass ein schwarzes Nachbild erscheint; die Seele nimmt eben Kenntniss davon, dass eine Stelle der Retina momentan im Zustande vollkommener Unthätigkeit sich befindet, den vollkommenen Mangel eines Lichteindruckes nennen wir ja schwarz. Nach stärkeren Farbenreizungen treten als Nachbilder die bekannten Contrastfarben auf: nach Roth ist das Nachbild grün, nach Violett gelb, nach Blau orange und umgekehrt. Man sieht hierbei häufig zuerst die Contrastfarben, dann wieder die primäre Farbe mehrmals abwechselnd im Gesichtsfelde entstehen. Nach heftigen Eindrücken von weissem Sonnenlicht nach einem Blick in die Sonne z. B. entstehen auch in regelmässiger Folge die Contrastfarben und es klingt damit der Reizzustand der Netzhaut nach und nach ab.

Ueberhaupt verschwindet der Reizzustand der nervösen Augenelemente ebensowenig momentan mit dem Aufhören des Reizes, wie dieses bei den anderen Nerven beobachtet werden kann. Der Reizzustand dauert noch eine Zeitlang an, worauf wie schon angedeutet die Wirkung des Farbenkreisels und anderer ähnlicher optischer Vorrichtungen beruht.

Der Erregungszustand einer direct gereizten Netzhautpartie pflanzt sich auch etwas über die Grenze der letzteren fort, eine Eigenthümlichkeit, die man mit dem Namen der Irradiation belegt. Es zeigt sich diese Erscheinung darin, dass helle Streifen auf schwarzem Grunde breiter zu sein scheinen als sie in Wahrheit sind, schwarze auf hellem Grunde im Gegentheile kleiner, da die Erregung der Netzhaut sich etwas über die Grenze der wirklich stattfindenden Reizung in das unerregte Gebiet, das den dunklen Gegenständen entspricht, in Zerstreuungskreisen verbreitet. Es entsteht so am Rande heller Netzhautbilder eine graue Zone, welche als indifferent stets zur prädominirenden Seite zugerechnet wird. Es prädominirt aber das Hellere vor dem Dunkleren, das Exceptionelle über das im Raum Ueberwiegende. Die Irradiationsgrösse ist der Grösse des Nethautbildes annähernd umgekehrt proportional. Weisse Linien auf schwarzem Grunde irradiiren stärker als schwarze auf weissem. Je stärker die Beleuchtung desto schwächer wird die Irradiation. Ermüdung der Retina vergrössert sie (Volkmann).

Unter Umständen kann sich der Erregungszustand über die ganze Netzhaut verbreiten: Induction, wobei dann gewöhnlich die nicht direct oder schwächer erregte Partie die Contrastfarbe zeigt.

Gesichtsfeld. Schärfe des Sehens.

Die bisher besprochenen subjectiven Gesichtsempfindungen, wie die entoptischen Wahrnehmungen geben vielfältig zu Täuschungen — Hallucinationen des Gesichtssinnes — Veranlassung, da die Seele gewöhnt ist, jeden Gesichtseindruck als von äusseren Objecten erzeugt, anzunehmen. Sie verlegt diese Eindrücke nach aussen, jedes auf der Netzhaut entstehende Bild wird

auf einen äusseren Gegenstand bezogen. Der ungemein scharf ausgebildete Raumsinn auf der Retina gestattet es, die den Bildern auf ihr entsprechenden Objecte genau in der Lage ihrer einzelnen Theile aufzufassen.

Wir haben es bestimmen gelernt, wo der Bildpunct eines gesehenen Objectpunctes auf der Retina entsteht, wenn das Auge für ihn accommodirt ist. Man braucht dazu nur durch den vereinigten Knotenpunct des reducirten Auges eine gerade Verbindungslinie zwischen Objectpunct und Retina zu ziehen: eine Richtungslinie oder Sehstrahl, wo dieser die Netzhautstelle berührt, entsteht der Bildpunct, worauf es ja beruht, dass die Bilder auf der Netzhaut verkehrt entworfen werden. Die Winkel welche mehrere Sehstrahlen, die alle ihre Spitze in dem Knotenpuncte oder wie man auch sagt im Kreuzungspuncte der Richtungslinien besitzen, mit einander bilden wird, als Sehwinkel bezeichnet. Es ist klar, dass ein solcher Sehwinkel um so grösser sein wird, bei gegebenem Abstand vom Auge je weiter die beiden Objectpuncte, von denen aus die Sehstrahlen gezogen sind, von einander abstehen, je grösser ein Object ist, oder je näher dieselben an das Auge herangebracht werden können.

Die Seele verlegt nun umgekehrt die Objectpuncte, welche den Bildpuncten auf der Retina entsprechen, in der Richtung der Sehstrahlen nach aussen. Es ist klar, dass dadurch die umgekehrten Bilder auf der Netzhaut, weil sie nach aussen verlegt werden, wieder aufrecht erscheinen müssen. Alle Objectpuncte scheinen sonach primär in einer vor dem Auge befindlichen Fläche gelegen, die Körperlichkeit der Objecte wird erst aus anderen Momenten erschlossen. Es entspricht also der Retina in der Vorstellung der Seele eine ausserhalb des Auges gelegene Fläche, welche man als Gesichtsfeld bezeichnet. Jedem unerregten Puncte der Netzhaut entspricht eine schwarze, jedem erregten eine leuchtende oder farbige Stelle des Gesichtsfeldes; stets hat die Seele eine genaue Vorstellung des Erregungszustandes aller Netzhautpartien, sodass unter allen Umständen ein Gesichtsfeld gesehen wird, das aber vollkommen schwarz erscheint, wenn alle Reizung der Retina fehlt. In dieses Gesichtsfeld werden auch die subjectiven Gesichtswahrnehmungen verlegt; da es eine Vorstellung der Seele ist, so ist das Vorhandensein des Gesichtsfeldes, wenn die Vorstellung davon nur einmal erweckt ist, von dem Vorhandensein der Retina unabhängig, sodass auch nach dem Ausschneiden des Auges die subjectiven Gesichtswahrnehmungen nach aussen in das Gesichtsfeld verlegt werden. Man könnte mit demselben Grunde sagen, wie man es von der Retina behauptet, dass die Seele stets ein Bewusstsein von dem Reizzustande aller centralen Erfolgsorgane des Opticus im Gehirne besitzt, woraus hervorgeht, dass letztere genau ebenso regelmässig neben einander angeordnet sein müssen wie die Mosaik der Retinaelemente.

Es ist einleuchtend, dass diese Netzhautmosaik die Ursache davon ist, dass unser Auge sehr kleine Objecte nicht mehr zu unterscheiden vermag. Jedes Bild eines Objectes setzt sich je aus einer Summe räumlich getrennter Lichteindrücke zusammen; ist das Bild so klein, dass es nach der Einrichtung der Retina keine räumliche Trennung der Eindrücke mehr gestattet, so wird es unter den günstigsten Umständen nur noch punctförmig, oft gar nicht mehr erscheinen. Wir werden aber sogleich erfahren, dass das Unterscheidungsvermögen der Retina eine sehr viel feinere Mosaik voraussetzt, als das

Mikroskop gelehrt hat. Da die Grösse des Netzhautbildes von der Grösse des Sehwinkels abhängig ist, den die Sehstrahlen von dem Umfange des Objectes her mit einander bilden, so ist es verständlich, wie man sagen kann, dass unter einem sehr kleinen Sehwinkel die Gegenstände nicht mehr erkannt werden können. Da die Sehwinkel mit der Entfernung vom Auge abnehmen und umgekehrt sich vergrössern, so müssen die näher am Auge liegenden Objecte deutlichere Bilder auf der Netzhaut entwerfen. Um sehr kleine Gegenstände noch erkennen zu können, muss man den Sehwinkel dadurch vergrössern, dass man jenen möglichst nahe an das Auge heranbringt, was bei Kurzsichtigen, deren Nahepunct dem Hornhautscheitel sehr nahe rückt, in höherem Maasse möglich ist als bei Normal- oder Fernsichtigen, sodass Kurzsichtige kleine Gegenstände schärfer erkennen können als jene. Durch die optischen Instrumente wird der Sehwinkel noch weiter künstlich vergrössert. Je grösser also das Netzhautbild eines Gegenstandes ist, desto deutlicher erscheint letzterer.

Es ist schon erwähnt, dass die Retinaelemente nicht alle gleichwerthig für die Aufnahme des Lichtreizes sind, die Zapfen scheinen dafür viel empfänglicher als die Stäbchen. Die Stellen der Retina, welche mehr Zapfen enthalten, sind darum geeigneter für scharfes Sehen als die anderen daran weniger reichen. Die ersteren sind der gelbe Fleck mit der Centralgrube, die zweiten die Randpartien der Retina. Wenn man einen Gegenstand scharf betrachten will, so richtet man das Auge stets so, dass das Bild auf den gelben Fleck fällt: man »fixirt« den Gegenstand. Der Strahl eines fixirten Punctes, welcher durch den Knotenpunct der Richtungslinien auf die Fovea centralis fällt, wird der Hauptstrahl des fixirten Punctes genannt oder: die Sehaxe, oder Sehlinie, welche nicht genau mit der Hornhautaxe zusammenfällt, welche die Retina etwas nach oben und innen von der Fovea centralis trifft, sodass beide Axen: die Sehaxe und die Hornhautaxe einen kleinen Winkel ($3,5-7^0$) mit einander bilden (Helmholtz, Knapp). Nach Donders beträgt der Winkel durchschnittlich 5,0823. Er wird im kurzsichtigen (myopischen) Auge kleiner sogar negativ, sodass die Sehlinie von vorn nach aussen an der Hornhautaxe vorbeigeht. Der Winkel beträgt im Mittel 2^0 ($1\frac{1}{2}^0-5\frac{1}{4}^0$). Bei Hypermetopen (Uebersichtigen) findet das Gegentheil statt, der Winkel ist hier grösser als im normalen Auge im Mittel $7,3^0$ (6^0-9^0). Der eigenthümliche Blick der Kurz- und Uebersichtigen steht mit dieser Verschiedenheit des Winkels in Zusammenhang.

In der Fovea centralis, welche nur Zapfen enthält, muss der Abstand der Bildpuncte nach den früheren Annahmen mindestens 0,004—0,002 Mm. betragen, wenn sie noch gesondert wahrgenommen werden sollen. Nach Aubert nur 0,0025. An den übrigen Retinaltheilen ist der Abstand ein grösserer und er wächst gegen den Rand der Retina zu; die genannte kleinste wahrnehmbare Ausdehnung der Bildpuncte nach Aubert entspricht genau der Breite eines Zapfens (0,0022—0,0027 M. Schultze), sodass es danach scheint, dass der Raumsinn der Retina so ausgebildet ist, dass die Unterschiede, welche die Erregung zweier nebeneinander liegender Endorgane in der Vorstellung erwecken, schon hinreichen, um sie als gesonderte Eindrücke wahrzunehmen,

was bei dem Tastorgane bekanntlich trotz aller Uebung nicht annähernd gelingen will.

Nach den Untersuchungen von VOLKMANN ist jedoch die kleinste wahrnehmbare Distanz auf der Netzhaut 3—20 mal kleiner als der Durchmesser eines Zapfens. Der Abstand zweier Linien durfte 0,0004—0,002 Mm. bei seinen Versuchen betragen, um noch erkennbar zu sein. VOLKMANN berechnet daraus als Maximum für die Grösse eines »Empfindungskreises der Netzhaut« $^1/_3$—$^1/_4$ eines Zapfendurchmessers, im Minimum $^1/_{20}$. Der Zapfen scheint danach selbst wieder in eine Mehrzahl selbständig empfindender Elemente zu zerfallen.

An der Stelle, an welcher der Opticus eintritt, besteht wie schon angegeben die Netzhaut nur aus Nervenfasern, ohne Stäbchen und Zapfen. Da auf der Anwesenheit dieser Organe die Möglichkeit der Lichtwahrnehmung beruht, so muss diese Stelle der Retina blind sein. Diese blinde Stelle des Auges: der blinde oder MARIOTTE'sche Fleck ist nach dem eben Gesagten leicht nachzuweisen.

Hält man das linke Auge zu und richtet nun seine Sehaxe auf den Punct *A*, fixirt diesen,

A



B



so verschwindet, wenn das fixirende Auge etwa 4 mal soweit von *A* entfernt steht als der Abstand zwischen *A* und *B* beträgt, der Punct *B* vollständig. Die weisse Fläche des Papieres scheint sich ununterbrochen von *A* an fortzusetzen. Der Grund für diese merkwürdige Wahrnehmung liegt darin, dass unter den angegebenen Umständen der Punct *B* auf den blinden Fleck fällt, der keine Gesichtswahrnehmungen vermittelt. Man kann, wenn man den Punct *B* mit dem linken Auge fixirt auch *A* zum Verschwinden bringen.

Der Mangel eines Lichteindruckes kommt am blinden Flecke nicht zum Bewusstsein, weil auch dieser Mangel nur durch die lichtpercipirenden Endorgane des Opticus wahrgenommen werden kann. Die Nerven an sich sind dazu unvermögend. Man ergänzt das Gesichtsfeld durch die Vorstellung der Wahrscheinlichkeit, sodass wir die Lücke im Gesichtsfelde mit Bildern ausfüllen, wie sie am wahrscheinlichsten sind. Also z. B. über den verschwundenen Punct scheint sich die weisse Fläche des Papiers wegzuziehen (E. H. WEBER). Nach WITTICH ist das Urtheil über Form, Grösse, Farbe der Objecte, welche ihr Bild auf den blinden Fleck des Auges werfen, allein durch die Erregungszustände der Nachbartheile des Opticuseintrittes bedingt.

Bei dem Sehen mit beiden Augen, wird das Wirksamwerden des blinden Fleckes dadurch ausgeglichen, dass die blinden Flecke in ungleichnamigen, symmetrischen Quadranten liegen (cfr. unten: identische Netzhautpuncte).

H. AUBERT hat den Lichtsinn, die Fähigkeit des Auges, die Intensität des Lichtes zu empfinden und zu unterscheiden einer Untersuchung unterworfen. Es zeigt sich, dass die Feinheit des Lichtsinnes sehr variiren kann. Im Dunkeln nimmt sie sehr bedeutend zu. Bei grosser Helligkeit nimmt die Empfindlichkeit für Lichtintensitätsunterschiede merklich ab. Stärkere Lichtreize ermüden den Lichtsinn. Der Lichtsinn ist an allen Stellen der Netzhaut

gleich stark entwickelt. Nur weil die auf den centralen Netzhauttheilen entworfenen Bilder stets lichtstärker sind als die seitlich entworfenen, scheint den centralen Netzhautstellen ein stärkerer Lichtsinn zuzukommen.

Max Schultze's neue Entdeckungen.

M. Schultze's schon oben theilweise angeführten Entdeckungen wurden von demselben vereinigt mit den früheren Beobachtungen anderer Autoren dazu benützt, eine Modification in den Anschauungen über die physiologisch-physikalische Grundlage des Sehvorganges, soweit dieser sich auf die peripherischen Endapparate des Opticus bezieht, aufzustellen. Es ist nicht meine Absicht, seine geistreichen Beobachtungen und Hypothesen kritisiren zu wollen. Ich werde mich in Folgendem an seine Darstellung getreu anschliessen.

Die anatomischen Grundlagen zur überwiegenden Mehrzahl von M. Schultze neu gelegt, auf welche er seine Ansicht stützt, sind kurz zusammengefasst folgende:

1. Namentlich im Innengliede drückt sich zwischen Stäbchen und Zapfen eine Verschiedenheit in Grösse und Gestalt aus. Das Innenglied ist bei den Stäbchen von dem Aussenglied immer scharf abgesetzt und differirt auch bei den Zapfen als Zapfenkörper von dem sogenannten Zapfenstäbchen. Die Innenglieder bestehen bei Stäbchen wie bei Zapfen aus einer im ganz frischen Zustand fast structurlos erscheinenden, aber sehr schnell nach dem Tode und in fast allen conservirenden Flüssigkeiten mehr oder weniger deutlich körnig gerinnenden Substanz, welche, nach mikrochemischen Reactionen zu urtheilen, mit Eiweisssubstanzen z. B. Protoplasma junger Zellen, die meiste Aehnlichkeit besitzt. Eine wesentliche Verschiedenheit zwischen der Substanz der Innenglieder von Zapfen und Stäbchen besteht darin, dass gewisse Concentrationsgrade der Ueberosmiumsäurelösung in den Zapfenkörpern eine *parallele Längsstrichelung* sehr deutlich macht, welche unter gleichen Verhältnissen an den entsprechenden Theilen der Stäbchen nicht bemerkt werden konnte. Die absoluten Dickendurchmesser der Innenglieder geben keinen durchgreifenden Unterschied ab, denn wenn z. B. an der menschlichen Retina der Zapfen an den bei weitem meisten Stellen reichlich doppelt so dick als das Stäbchen ist, werden die Zapfenkörper der Fovea centralis ganz ebenso dünn wie Stäbcheninnenglieder. Die Aussenglieder bestehen aus einer *viel stärker lichtbrechenden*, nach dem Tode in anderer Weise gerinnenden *Substanz* als die Innenglieder. Körnig wie Protoplasma wird diese Substanz nicht, sie erhärtet entweder als eine homogene Masse oder schrumpft in eigenthümlicher Verbiegung mit Spaltungserscheinungen namentlich in querer aber auch in der Längsrichtung. Dass eine Hülle und ein Inhalt, eine Rinde und ein centraler Faden an ihnen zu unterscheiden sei, ist äusserst unwahrscheinlich. Die Aussenglieder der Stäbchen sind cylindrisch, wobei eine ganz geringe Abnahme des Dickendurchmessers nach der Chorioidea zu vorkommen kann (Frosch), die der Zapfen haben dagegen eine ausgesprochen kegelförmige Gestalt, indem sie ihre Basis dem bereits stark verjüngten Zapfenkörper, die feine Spitze dem Pigment zukehren. Hier endigt die letztere oft früher als

die benachbarten Aussenglieder der Stäbchen, sodass dann die Stäbchen länger sind als die Zapfen.

2. Eine sehr bemerkenswerthe Verschiedenheit zwischen Stäbchen und Zapfen macht sich geltend in den von ihnen ausgehenden, der äusseren Körnerschicht angehörenden Fasern. Diese besitzen bei den Zapfen eine ansehnliche unter Umständen 2 — 5 Mm. (1 Mikromillimeter = 0,001 Mm.) betragende Dicke, erscheinen hie und da fein längsstreifig, wie aus Fibrillen zusammengesetzt, und lösen sich stets an der oberen Grenze der Zwischenkörnerschicht in eine nicht näher bestimmte Anzahl feinster Fäserchen auf, welche sich in dieser Schicht verlieren. Die von den Stäbchen ausgehenden Fasern dagegen sind von kaum messbarer Dicke, lassen sich übrigens auch nur bis an die Zwischenkörnerschicht verfolgen, an deren oberer Grenze sie mit einer kleinen Anschwellung zu endigen pflegen, deren Bedeutung noch dunkel ist. Jede Stäbchen- und jede Zapfenfaser steht an einer Stelle ihres Verlaufs mit einer Zelle, einem äusseren Korn in Verbindung, sodass die äusseren Körner in Stäbchen- und Zapfenkörner unterschieden werden müssen, von denen die letzteren wenigstens bei Säugethieren grösser als die ersteren sind. Beiderlei Faserarten tragen die Merkmale von Nervenfasern an sich, sie sind den Fasern der Opticusschicht der Retina sehr ähnlich, dagegen von den bindegewebigen Stützfasern in mannichfacher Beziehung verschieden.

3. Am gelben Fleck der menschlichen und Affenretina finden sich ausschliesslich Zapfen. Doch schon an seiner Peripherie stellen sich Stäbchen zwischen den Zapfen ein und wenige Mm. von der Mitte der Macula lutea nach aussen sind deren stets zwei bis drei zwischen je zwei Zapfen, wie es dann bis zur Ora serrata constant bleibt. Wie sich die Zapfen am gelben Fleck häufen, nehmen die Zapfen- und auch die noch einzeln zwischen ihnen liegenden Stäbchenfasern einen schiefen Verlauf an, indem sie vom Centrum des gelben Flecks meridional- und vorwärts strahlig divergiren, um erst nach kürzerer oder längerer Abweichung von der radialen Richtung die Zwischenkörnerschicht zu erreichen.

4. Bei den meisten Säugethieren ist das Mengenverhältniss der Stäbchen und Zapfen zu einander ganz ähnlich wie beim Menschen, mit Ausnahme natürlich des gelben Fleckes, der den meisten fehlt. Bei manchen fehlen aber die Zapfen gänzlich. Es sind das diejenigen Thiere, welche im Dunkeln zu leben vorziehen, Fledermäuse, Igel, Maulwurf, Maus und wahrscheinlich noch eine ganze Menge anderer. Beim Kaninchen, welches bekanntlich im Naturzustande in unterirdischen Gängen lebt, sind zwar Andeutungen von Zapfen vorhanden, doch scheinen dieselben ganz rudimentär zu sein. Die Katze hat deutliche aber dünne Zapfen, welche zerstreut stehen, sodass die doppelte bis dreifache Quantität Stäbchen zwischen ihnen Platz findet im Vergleich mit der menschlichen Retina.

5. Die Vögel haben vielmehr Zapfen wie Stäbchen, sodass letztere etwa stehen wie die Zapfen beim Menschen. An den beiden Foveae centrales des Falkenauges finden sich nur Zapfen. Aber die Eulen gleichen fast den Fledermäusen, in ihrer Retina sinken die Zapfen gänzlich zurück, während die Zahl der Stäbchen enorm zunimmt. In der Eulenretina kommen nur in ziemlich grossen Zwischenräumen zerstreute Zapfen vor, und über diese drängen sich

die Stäbchen mit ihren sehr langen Aussengliedern so zusammen, dass erstere schwer zu finden sind.

6. Die Zapfen der Vögel sind durch ein sehr eigenthümliches Merkmal ausgezeichet. Die bei weitem grösste Zahl derselben besitzt an der Spitze des Innengliedes unmittelbar vor der Stelle, wo sich das Aussenglied anschliesst, eine bei Säugethieren, so viel bis jetzt bekannt ist, allgemein fehlende Einlagerung, eine stark lichtbrechende Kugel, meistens intensiv gelb oder roth gefärbt. Die gelben sind zahlreicher die rothen seltener. Die gefärbten Kugeln haben einen Durchmesser genau entsprechend den Basen der Aussenglieder, sodass letztere kein Licht erreichen kann, welches die Kugeln nicht passirte. Diejenigen wenigen Zapfen, welche der gefärbten Kugeln entbehren, enthalten an der entsprechenden Stelle eine farblose, stark lichtbrechende Kugel. Die wenigen Zapfen, welche die Eulen besitzen, sind mit blassgelben oder farblosen Kugeln ausgerüstet. Rothe fehlen in der Eulenretina gänzlich (Strix aluco, noctua und flammea).

7. Unter den Reptilien scheinen einige (die Schildkröten) den Vögeln im Bau der Retina zu gleichen, Eidechsen und Schlangen besitzen nur Zapfen und zwar einige mit gelben Pigmentkugeln an derselben Stelle wie in den Zapfen der Vögel (Lacerta, Anguis fragilis), andere ohne solche (Chamäleon, Schlangen).

8. Die Amphibien (Frösche, Kröten, Tritonen, Salamander) haben gewaltig dicke Stäbchen, aber sehr kleine Zapfen, in jedem der letzteren findet sich eine hellgelb gefärbte oder eine farblose Kugel an der Grenze von Innen- und Aussenglied.

9. Die Knochenfische besitzen, soweit die Untersuchungen reichen, Stäbchen und Zapfen wie die Säugethiere, letztere ohne Pigmentkugeln. Die Rochen und Haifische entbehren dagegen der Zapfen gänzlich, wie die Fledermäuse unter den Säugethieren.

10. Der Unterschied, welcher sich bei Säugethieren und Fischen in der Dicke der Stäbchen- und Zapfenfasern so auffällig geltend macht, fällt bei den Vögeln und Amphibien nicht in die Augen. Wie sich diejenigen Reptilien verhalten, deren Retina Stäbchen und Zapfen besitzt (es scheinen dies nur die Schildkröten zu sein) ist noch nicht ausgemittelt.

Auf diese anatomischen Daten gründet nun M. Schultze seine Annahmen über die Verschiedenheit der Function der Stäbchen und Zapfen.

Die Organisation des gelben Flecks und der Fovea centralis der menschlichen Retina giebt uns den Beweis, dass die Zapfen allein nicht nur zum Sehen ausreichen, sondern auch entschiedene physiologische Vorzüge vor den Stäbchen besitzen. Aber auch die Stäbchen reichen zum Sehen allein aus, denn die Fledermäuse und einige andere oben genannte Thiere entbehren der Zapfen gänzlich. Bei der sonst vollkommenen Organisation ihrer Augen wird ihnen Niemand die Fähigkeit, zu sehen, absprechen wollen. Aber diese Säugethiere ohne Zapfen in der Retina ziehen die Dämmerung oder Nacht dem Tageslicht vor. Man könnte hienach die Frage stellen, welche durch die Retina zu vermittelnde Empfindung im Dämmerlicht nicht zur Geltung komme, und so einen Rückschluss auf die Bedeutung der Zapfen versuchen. Bezeichnen wir mit Aubert die drei Grundempfindungen des Gesichtssinnes mit den Ausdrücken Lichtsinn, Farbensinn und Raumsinn, so erhellt sogleich,

dass der Lichtsinn oder die Fähigkeit, *quantitative* Lichtdifferenzen zu empfinden die Grundbedingung jedes auch des einfachsten Sehorganes ist. Ein einziges Nervenende, mit anderen Worten ein einziges Stäbchen würde für diesen Zweck genügen. Sind viele Stäbchen zu einem lichtpercipirenden Organe vereinigt, so schliesst sich dem Lichtsinn nothwendig der Raumsinn an, welcher eine Folge der gleichzeitigen Erregung mehrerer distinct empfindender Puncte ist. Ihrer bekannten Organisation gemäss wird den Augen aller Wirbelthiere der Licht- und Raumsinn zugesprochen werden müssen. Die zapfenlose nur stäbchenführende Retina der Fledermäuse, des Igels, des Maulwurfs wird nach Licht- und Raumsinn von der stäbchenlosen nur zapfenführenden Retina der Schlangen und Eidechsen im Princip nicht abweichen, denn Zapfen wie Stäbchen sind Nervenenden, welche Licht percipiren müssen, durch deren Vielheit und mosaikähnliche Anordnung aber das anatomische Substrat auch für den Raumsinn gegeben ist. Es lässt sich erwarten, dass der Lichtsinn bei den in der Nacht fliegenden Fledermäusen stärker entwickelt sei, als bei den im Sonnenschein spielenden Schlangen, sodass erstere noch viel Licht empfinden, wo letzteren dunkle Nacht zu herrschen scheint. Dies würde darauf hindeuten, dass die Stäbchen für quantitative Lichtperception einen Vorzug vor den Zapfen besitzen.

Es bleibt der *Farbensinn*, die Fähigkeit der Perception *qualitativer* Lichtdifferenzen übrig. Wenn wir von unserer eigenen Empfindlichkeit für Farbendifferenzen ausgehen, wie wir es natürlich müssen, da wir für die Beurtheilung von Sinneseindrücken keinen anderen sicheren Massstab als den unserer eigenen Sinnesorgane kennen, so ergeben die einfachsten Versuche, dass mit der Abnahme der Beleuchtung also mit dem Eintritt der Dämmerung und der Nacht die Fähigkeit für die Farbenperception verhältnissmässig früh aufhört. Wir können des Abends Gegenstände noch sehr wohl scharf unterscheiden, sind aber über deren Farbe oder Farbendifferenzen vollkommen im Unklaren. Wie Aubert bemerkt, ändert sich bei abnehmender Beleuchtungsintensität zunächst Farbenton und Farbennüance der Pigmente, Zinnober wird dunkelbraun, Orange dunkel und rein roth, Grün und Hellblau sehen ganz gleich aus etc. Dann schwindet die Empfindung der Farbe gänzlich, und es bleibt nur das Gefühl von Lichtdifferenzen übrig, derart dass bei gewisser Lichtintensität (auf schwarzem wie auf weissem Grunde) Rosa und Gelb am hellsten, etwas dunkler Grün und Hellblau, fast schwarz Blau, ganz schwarz oder am dunkelsten Orange, Dunkelgrün und Roth erscheinen. Für ein Thier welches nur des Nachts auf Raub ausgeht, oder in unterirdischen Höhlen lebt, giebt es also keine Farben, es bleibt nur die Möglichkeit übrig, die auch bei geringer Lichtintensität fortbestehenden Helligkeitsdifferenzen der Farben zu unterscheiden. Ist der Farbensinn an ein bestimmtes, anatomisches Substrat, an besondere Nervenendapparate der Retina gebunden, zu welcher Annahme nach der Young-Helmholtz'schen Theorie wir hinreichende Berechtigung haben, so lässt sich erwarten, dass diese Apparate den ausschliesslich im Dunkel lebenden Thieren fehlen. So kommen wir folgerichtig auf die Vermuthung, *die Zapfen möchten die Nervenendorgane des Farbensinnes sein*. Es wird sich nun darum handeln, diese Vermuthung nach anderen Richtungen hin auf ihre Glaubwürdigkeit zu prüfen.

Die Zapfen sollen nicht als Organe angesprochen werden, *ausschliesslich* für die Perception der Farben bestimmt. Der Farbensinn begreift den Lichtsinn in sich, und insofern die Perceptionsapparate des Farbensinnes vielfach nebeneinander mosaikartig angeordnet liegen, dienen sie zugleich dem Raumsinne. Die Frage kann also nur die sein: ist es wahrscheinlich, dass den Zapfen *neben* der Bedeutung, welche ihnen im Dienste des Licht- und Raumsinns zukommt, auch noch die Vermittelung der Farbenperception obliege, und haben wir Grund, *den Stäbchen die Theilnahme an der Farbenempfindung abzusprechen.*

Die *erste Stelle* bei der Prüfung dieser Angelegenheit werden selbstverständlich die anatomischen und physiologischen Verhältnisse der menschlichen Netzhaut einnehmen. Die Fähigkeit, Farben zu percipiren, kommt unserer Retina in ihrer ganzen Ausdehnung zu. Aber die Feinheit der Farbenempfindung nimmt von der Stelle des directen Sehens in allen Meridianen der Netzhaut schnell ab. Dies lehren übereinstimmend die Versuche von Purkinje, Hueck, Helmholtz, Aubert und Schelske. Einen sehr wesentlichen Einfluss übt dabei, abgesehen von der Art der Farbe, die Grösse des farbigen Objectes aus, ferner ob dasselbe in Bewegung ist, oder sich in Ruhe befindet, wie uns Aubert in sehr genauen Versuchsreihen bewiesen hat. Seine Tabellen und die sehr instructive graphische Darstellung einer seiner Versuchsreihen (Blau auf weissem Grunde) beweisen zugleich, dass die Empfindlichkeit für Farben nicht in allen Meridianen der Netzhaut ganz gleichmässig abnimmt, sondern an der inneren (medialen) Seite sich am längsten erhält. Nach Aubert werden farbige Quadrate von 1 Mm. □ bei 20 Ctm. Entfernung, also 17′ 12″ Gesichtswinkel, wenn sie in Bewegung sind, vollkommen farblos bei einer Abweichung von der Gesichtslinie von 13—21°, wenn wir die Mittelzahlen seiner Versuchsreihen für Gelb, Roth, Grün und Blau auf weissem Grunde wählen, oder bei $17\frac{1}{2}°$, wenn wir von den vier Mittelzahlen wieder das Mittel ziehen. Eine solche Abweichung von der Gesichtslinie bei 20 Ctm. Entfernung entspricht etwa 4 Mm. Abstand von der Mitte des gelben Fleckes, d. h. eine Stelle, wo nach den vorliegenden Angaben über die Ausdehnung des gelben Fleckes bereits jeder Zapfen von zahlreichen Stäbchen umgeben ist. Unzweifelhaft stimmen danach im Allgemeinen die Structurverhältnisse der menschlichen Retina mit der Voraussetzung überein, dass die Zapfen die Elemente für die Farbenperception, die Stäbchen dagegen *ungeeignet* zur Farbenempfindung seien.

2. Eine wesentliche Unterstützung gewährt der Ansicht von der Bedeutung der Zapfen als farbenpercipirender Organe die Beschaffenheit der die äussere Körnerschicht durchsetzenden Zapfenfasern. Dieselben sind beim Menschen, bei den Säugethieren und den Fischen um ein Vielfaches dicker als die Stäbchenfasern, und lösen sich an der Zwischenkörnerschicht in viele feine Fasern auf. Diese können nach dem fein streifigen Ansehen, was die dicksten Zapfenfasern des Menschen darbieten als präformirt angesehen werden, ja der Zapfenkörper selbst scheint aus Zapfenfasern zusammengesetzt. Nach der bekannten Young-Helmholtz'schen Theorie der Farbenempfindung sind mindestens drei verschiedene Faserarten für diese letztere nöthig. Jedenfalls ist die Farbenperception ein complicirterer Vorgang als die einfache

Lichtperception, sie setzt eine Vielheit verschiedener Nervenfasern voraus, welche zu letzterer nicht unumgänglich nöthig sind. Sind aber die Zapfen die Elemente zum Farbensehen, so wird entweder für jede Farbe ein bestimmter Zapfen vorhanden sein müssen, oder jeder Zapfen ist fähig alle Farben zu empfinden. Im ersteren Falle wird eine einzige Faser genügen, die durch ihn vermittelte Thätigkeit weiter zu leiten, im letzteren wird jeder Zapfen mit einem Bündel von Fasern zusammenhängen müssen.

In der menschlichen Netzhaut sowie in der der Säugethiere und Fische kommen derartige Unterschiede der Zapfen nicht vor, dass wir für jede Grundfarbe eine besondere Art derselben annehmen könnten. Alle Zapfen sehen sich wesentlich gleich, und alle gehen in ein Bündel von Nervenfasern aus, welche sich an der oberen Grenze der Zwischenkörnerschicht theilen. Hiernach erscheint es wahrscheinlich, dass jeder Zapfen sehr verschiedene Farbenempfindungen zu vermitteln vermag.

3. Eine weitere Bestätigung dieser Hypothese von der Bedeutung der Zapfen sehe ich im Bau der Vogelretina. Die Zapfen derselben enthalten zum grossen Theile an einer bestimmten Stelle eine durchsichtige, farbige Kugel eingebettet. Hensen ist der erste, welcher andeutet, dass der Sinn derselben darin gefunden werden könne, dass sie gewisse Strahlen absorbiren, welche nicht zur Perception gelangen sollen. In der That kann die Existenz der gedachten farbigen Kugeln in den Zapfen keinen anderen Grund haben, als den, dass die Strahlen, welche percipirt werden sollen, durch die farbige Masse hindurchgehen müssen. Trifft auf diese Weise den Zapfen an seiner percipirenden Stelle immer nur farbiges Licht, so wäre es eine Ungereimtheit daran zu zweifeln, dass derselbe der Farbenempfindung diene. Nicht alle Zapfen aber bekommen bei den Vögeln gleichfarbiges Licht. Die meisten enthalten gelbe Kugeln, welche viel Violett und Blau absorbiren. Eine geringere Zahl ist mit tief rubinrothen Kugeln ausgerüstet, welche fast nur Roth durchlassen. Hier also scheint die an der menschlichen Retina vermisste Einrichtung zu bestehen, dass für die Perception verschiedener Farben auch verschiedene Arten von Zapfen existiren. Hiermit stimmt in merkwürdiger Weise überein, dass die von den Zapfen der Vogelretina ausgehenden Fasern in ihrer Dicke von den dünnen Stäbchenfasern kaum verschieden sind. Nun giebt es in der Vogelretina noch eine dritte Art Zapfen, das sind die farblosen. Diese könnten sich in derselben Lage befinden wie die menschlichen und zur Perception aller Farben organisirt sein. Dann müssten sie mit dicken Nervenfasern in Verbindung stehen. Es ist mir nicht gelungen, eine solche Verschiedenheit zu erkennen. Sonach wäre es auch denkbar, dass sie allein oder wesentlich der Empfindung des Violett dienten, welches in den gelben und rothen Pigmentkugeln absorbirt wird, von denen erstere (gelbe) die Grün, letztere (rothe) die Roth empfindenden Elemente sein würden.

Eine weitere Bedeutung erhalten diese Betrachtungen durch das Verhalten der Eulenretina. Während bei allen anderen (Tag-) Vögeln die Zahl der Zapfen in der ganzen Retina bedeutend die der Stäbchen überwiegt, wonach also der Farbensinn bei den Vögeln, entsprechend der Farbenpracht ihres Gefieders, ausserordentlich fein entwickelt zu sein scheint, fehlen bei den Eulen die Zapfen fast vollständig, wogegen die Entwickelung der Stäbchen einen sehr

hohen Grad erreicht. In der Dämmerung giebt es keine Farben. Was soll also die Eule mit den farbenpercipirenden Elementen? Zur Unterscheidung dessen, was im Halbdunkel von den Farben übrig bleibt, nämlich ihrer verschiedenen Helligkeitsgrade, genügen die dem Lichtsinn dienenden Stäbchen. Die Reste von Zapfen aber, welche der Eule bleiben, sind noch mit gelblichen Pigmentkugeln versehen. Sie absorbiren Violett und Blau schwach, der geringen Intensität ihrer Farbe gemäss, doch aber wahrscheinlich genug, um die letzten Spuren der im Dämmerlicht vorhandenen derartigen Strahlen von den gegen intensiver photochemisch wirkendes Licht (Blau, Violett) äusserst empfindlichen Zapfen abzuhalten.

Auch dem gelben Pigment der Macula lutea der menschlichen Netzhaut kommt wahrscheinlich eine ähnliche Bedeutung zu, die vornehmlich stark photochemisch wirkenden violetten Strahlen abzuhalten.

M. Schultze glaubt, dass das von dem chemischen und physikalischen Verhalten der sicher nervösen Innenglieder der Zapfen und Stäbchen so verschiedene Verhalten der Aussenglieder hinreiche letztere als nicht nervöse rein optisch wirkende Reflexionsapparate von ersteren, den eigentlich nervösen Endapparaten zu trennen. Die Aussenglieder seien dazu bestimmt, das durch die Innenglieder an und in sie einfallende Licht nach der Theorie Brücke's zurückzuwerfen und zwar auf dieselben Innenglieder. Hiernach hätte man sich vorzustellen, dass die percipirende Stelle des Stäbchens (und Zapfens) die Grenzfläche des Innengliedes gegen das Aussenglied sei. Schon an der Stelle, wo der Lichtstrahl durch das Innenglied das stärker brechende Aussenglied trifft, muss ein Theil der Strahlen wieder auf die Grenzfläche der beiden Glieder reflectirt werden, ebenso das in die Stäbchen eingedrungene, nicht vom Pigment der Chorioidea absorbirte Licht, sodass die Erregung nur durch einfallendes Licht hervorgerufen würde, wie dieses auch bei den wirbellosen Thieren ist, bei welchen die lichtpercipirende Stelle dem in's Auge einfallenden Lichte entgegengerichtet ist. So erklärt sich auch das Tapetum der Chorioidea vieler Thiere. Denn nur wenn gespiegeltes Licht zur Perception gelangen kann, hat der Spiegel, den das Tapetum darstellt, einen Sinn. Jemehr Licht aber durch Spiegelung auf die Innenglieder der Stäbchen zurückgeworfen wird, um so entwickelter muss der Lichtsinn sein. Diess stimmt insofern, als z. B. den Raubthieren, den Wiederkäuern und dem Pferd, welche ein Tapetum besitzen, die Fähigkeit, sich auch in tiefster Dämmerung oder in der Nacht zurecht zu finden, bekanntermassen sehr ausgesprochen zukommt.

Die Injectionen von Hyrtl und H. Müller haben ergeben, dass Blutgefässe der Retina vieler Wirbelthiere ganz fehlen: Vögeln, Amphibien, Reptilien, Fischen; viele Säugethiere besitzen Blutgefässe nur in einem kleinen, dem Opticuseintritt benachbarten Gebiet, so der Hase nur so weit seine Retina durch markhaltige Fasern in der Opticusschicht undurchsichtig ist, das Pferd in einem den Sehnerven nur um wenige Millimeter rings überschreitenden Felde. Da das Blut, schon in den dünnsten Schichten viel Violett absorbirt, so kann die An- oder Abwesenheit der Blutgefässe nicht gleichgültig für den Sehact sein.

Einfachsehen mit zwei Augen.

Wir haben bisher nur ein Auge in seiner Wirksamkeit betrachtet. Die Gegenstände der Aussenwelt entwerfen natürlich ihre Bilder gleichzeitig auf den Netzhäuten beider Augen; von beiden wird der Eindruck dem Gehirne zugeleitet, sodass es einer Erklärung bedarf, warum trotzdem, dass ein einfacher Gegenstand in dem Sehorgane zwei Bilder entwirft, die Seele von ihm unter normalen Bedingungen doch nur einen einfachen Eindruck erhält. Wir haben trotz der beiden Augen doch nur ein einfaches Gesichtsfeld. Offenbar bringt also die gleichzeitige Erregung gewisser Netzhautpartien in beiden Augen nur eine einfache Empfindung in dem Seelenorgane hervor, die gleichzeitigen Eindrücke in beiden werden auf das gleiche Object in der Vorstellung bezogen. Diese zusammengehörigen Puncte der Netzhaut werden: identische Puncte genannt. Nur wenn beide Netzhautbilder eines Gegenstandes auf identische Netzhautpuncte fallen, erscheint der gesehene Gegenstand einfach, verlagern wir den einen Augapfel durch Schielen oder Druck mit den Fingern so, dass die Bilder auf nicht identische Puncte treffen, so erscheint das gesehene Object doppelt.

Die identischen Puncte liegen bei normalen Augen in den in beiden Augen symmetrischen Netzhauttheilen: sodass die identischen Puncte der rechten Netzhauthälfte des linken Auges auch in der rechten Netzhauthälfte des rechten Auges liegen. Die oberen Puncte der einen haben ihre identischen Puncte ebenfalls oben in der anderen Netzhaut. Dass die Centralgruben beiderseits identische Netzhautpuncte sind, geht schon daraus hervor, dass ein mit beiden Augen fixirter Gegenstand, auf den also beide Sehaxen gerichtet sind, sodass sie sich in dem fixirten Gegenstande schneiden, einfach erscheint. Denken wir uns die beiden Netzhäute jede in eine Kreisfläche ausgebreitet, so können wir durch zwei Durchmesser, die in Wahrheit, da die Netzhaut kugelig gekrümmt ist, Meridiane darstellen, dieselben in vier Quadranten zertheilen. Man zieht gewöhnlich einen vertikalen und einen horizontalen Meridian zur Sehaxe und erhält so vier obere und vier untere Netzhautquadranten, welche durch Trennungslinien (eben die gezogenen Meridiane) geschieden sind. Die identischen Puncte des linken oberen Quadranten des rechten Auges liegen dann ebenfalls in dem linken oberen des linken Auges etc. Alle Puncte der Aussenwelt, welche dieser Einrichtung der identischen Netzhautstellen zu Folge bei einer bestimmten Augenstellung einfach erscheinen, liegen in einer Anordnung von je nach den Augenstellungen wechselnder Gestalt und werden als Horopter bezeichnet.

Haben die beiden Augen eine bestimmte Stellung angenommen, und zieht man nun für je zwei identische Netzhautpuncte die Richtungslinien (Sehstrahlen) so müssen sich diese über das Auge hinaus verlängert in einem Puncte schneiden. Alle diese Schnittpuncte identischer Richtungslinien ausserhalb des Auges erregen also in beiden Augen einen einfachen Eindruck. Die Fläche, in welcher alle diese Puncte liegen, welche bei bestimmter Augenstellung beiden Augen einfach erscheinen, ist dann das was man als Horopter bezeichnet.

Die gleichzeitigen Stellungen beider Augen wurden bisher in Primär- und Secundärstellungen (Meissner) eingetheilt. Von der Primärstellung

denkt man sich alle Bewegungen ausgehend. Als Primärstellung nimmt man diejenige an, in welcher die Sehaxen gerade nach vorne gerichtet, die Queraxen in einer geraden Linie gelegen und also die anderen Augenaxen einander parallel sind. Von all den möglichen beliebigen Neigungen der Sehaxen gegen den Horizont bei dieser Primärstellung nimmt man dabei eine Neigung von 45° an. Bei dieser Neigung können die Sehaxen Convergenzbewegungen machen, ohne dass eine Drehung der Augen um ihre Sehaxen eintreten muss. Meissner fand, dass alle Drehungen des Auges von der Primärstellung aus, um in der Aequatorialebene liegende Axen erfolgen, die Sehaxe steht dabei also senkrecht auf die Drehungsaxe. Vor allem dreht sich der Bulbus um seine Quer- und die Höhenaxe (Secundärstellungen). Die Drehung um die Queraxe lässt die Sehaxen parallel, verändert aber ihre Neigung gegen den Horizont; die Drehung um die Höhenaxe umgekehrt lässt die Neigung gegen den Horizont bestehen und bewirkt Convergenz oder Divergenz der Sehaxen. Drehung um andere als die beiden genannten Axen führen zu Tertiärstellungen, die man entstanden denken kann durch gleichzeitige Drehung um die Quer- und Höhenaxe*).

Bei der Secundärstellung mit Convergenz der Sehaxen ist ein transversaler Durchschnitt durch den Horopter ein Kreis, Müller'scher Horopterkreis. Der mediane Durchschnitt des Horopters ist dagegen eine auf die Visirebene senkrechte (45° gegen den Horizont geneigte) gerade Linie.

Bei der Primärstellung und den Secundärstellungen erster Art, symmetrischen Augenstellungen mit unendlicher Entfernung des fixirten Punctes d. h. beim Sehen gerade aus in unendliche Entfernung ist nach Helmholtz die Bodenfläche, auf der man steht, der (Vertical-) Horopter, es hat dieser Umstand für das sichere Urtheil über den Weg bei dem Gehen seine grosse Bedeutung.

Horizontalhoropter nennt Helmholtz den Inbegriff aller unter gleichen Breitenwinkeln erscheinenden Puncte, Verticalhoropter den Inbegriff aller unter gleichen Längenwinkeln erscheinenden Puncte beide Horopter sind Flächen. Der eigentliche Horopter: der Puncthoropter ist der stets linienförmige Durchschnitt beider Flächen. Er ist eine Curve doppelter Krümmung (Helmholtz, Hering).

Bei den Secundärstellungen zweiter Art, symmetrischen Augenstellungen (Helmholtz), wobei der fixirte Punct in endlicher Nähe in der Medianebene liegt, bilden den Horizontalhoropter zwei sich schneidende Ebenen *a*) die Medianebene und *b*) eine Ebene, welche durch beide Knotenpuncte und den Punct in welchem die Aequatorialaxen der horizontalen Meridiane einander schneiden (»Schnittpunct der Horizontalaxen«) gelegt ist. Der Verticalhoropter wird von einer Kegelfläche gebildet, deren Spitze der Punct ist, in welchem die beiden Aequatorialaxen der verticalen Meridiane einander schneiden (Schnittpunct der Verticalaxen). Der Mantel dieser Kegelfläche geht durch den Müller'schen Horopterkreis.

Der Puncthoropter wird also gebildet 1) durch die Schnittlinie des Verticalhoropters mit der Medianebene. Er ist dann eine gerade Linie durch

*) Ueber Drehpunct etc. siehe weiter unten.

den fixirten Punct und den Schnittpunct der Verticalaxe. 2) Durch die Schnittlinie des Verticalhoropters mit der zweiten Ebene (*b*) des Horizontalhoropters, also *a*) ein Kegelschnitt und zwar ein Kreis (MÜLLER'scher Horopterkreis) bei der Primärstellung und convergenter Secundärstellung, *b*) eine quere Ellipse wenn die Augenaxen nach aufwärts, *c*) eine längsgezogene Ellipse wenn sie mässig nach abwärts gerichtet werden, sonst *d*) eine Parabel oder Hyperbel.

Der Horopter hat eine nicht zu verkennende Bedeutung für das Körperlichsehen. Das Urtheil über die körperliche Gestalt eines Gegenstandes fällt um so genauer aus, je mehr Puncte er mit dem Horopter gemein hat.

Alle ausserhalb dieses Horopters liegenden Objectpuncte müssen Doppelbilder erzeugen, da sie nicht auf identische Netzhautpuncte fallen; ebenso fallen auf identische Puncte, während wir mit ihnen einen Gegenstand fixiren, je nach dem Accommodationszustande aus der Ferne oder der Nähe verschiedene Bilder von Objecten, für welche die Augenaxe nicht eingestellt ist. Diese Doppelbilder kommen aber nicht zum Bewusstsein, da der Eindruck eines fixirten Objectes von der Centralgrube aus, durch seine Stärke alle anderen gleichzeitigen Eindrücke verdunkelt, die schon darum schwach und undeutlich sind, weil das Auge für die Objecte, die sie hervorrufen, nicht accommodirt ist, da es sich ja nur für die fixirten Gegenstände einrichtet. Auch die Aufmerksamkeit, welche zum Bewusstwerden der Empfindung unumgänglich nöthig ist, richtet sich normaler Weise nur auf die fixirten Objecte, deren Reiz von zwei Augen dem Seelenorgane zugeleitet, sich allen anderen gegenüber verdoppelt.

Es ist sehr bemerkenswerth, dass wenigstens im normalen Auge die identischen Netzhautpuncte ihr Vorhandensein einer anatomischen Eigenthümlichkeit des Sehnerven verdanken. Die Mehrzahl der Puncte, in beiden normalen Augen, welche nur einen einzigen Eindruck bei gleichzeitiger Erregung im Gehirne hervorrufen gehören zu einem und demselben Opticusstamme. Im Chiasma nervorum opticorum, der Sehnervenkreuzung tauschen die beiden Sehnerven je die Hälfte ihrer Fasern aus, sodass in jedes Auge gemischte Fasern aus beiden Sehnerven eintreten, welche die identischen Puncte von demselben Stamme aus versorgen. Die Eindrücke identischer Puncte werden also demselben Centralorgane zugeleitet; doch ist nicht zu verkennen, dass trotzdem zu jeder Faser ein eigenes Erfolgsorgan gehören muss, da es ja sonst unmöglich sein würde, durch Verlagerung der Augenaxen Doppelbilder von ihnen zu erhalten; der dann eintretende doppelte Erfolg setzt offenbar doppelte Erfolgsorgane voraus, welche aber für gewöhnlich gemeinschaftlich functioniren.

Besonders bei pathologischen Augenstellungen sieht man, dass diese anatomische Grundlage des Einfachsehens für Erklärung aller Fälle nicht ausreicht. Es geht mit grosser Bestimmtheit daraus hervor, dass auch durch »Erziehung der Seele« früher nicht identische Netzhautstellen, die nur bei fehlerhafter Augenstellung stets gleichzeitig erregt werden, endlich die beiden Eindrücke zu einem einzigen verschmelzen lernen (A. GRÄFE). Es hat das auf den Gedanken geführt, dass die ganze Identität nur etwas Anerzogenes sei und dass die anatomischen Verhältnisse überhaupt hier nicht bestimmend wären, wofür wirklich eine Reihe von Thatsachen spricht.

Das doppelte Vorhandensein des Auges hat denselben Zweck, wie die Vervielfältigung der Organe sonst auch, den Zweck der gegenseitigen Unterstützung, sodass Functionsanomalien des einen durch das andere ausgeglichen werden können, da ja jedes Auge schon für sich allein zur vollkommen genauen und sicheren Wahrnehmung ausreicht, wie uns das Beispiel einäugiger Personen lehrt. Doch kann der constante Fehler jedes Auges, der durch das Vorhandensein des blinden Fleckes an der Eintrittsstelle des Opticus gegeben ist, nur durch das Vorhandensein der beiden Augen ganz ausgeglichen werden.

Die Grösse der gesehenen Gegenstände schätzt die Seele vor allem nach der Grösse des Netzhautbildes. Ist der Gegenstand so gross, dass sein Bild nicht gleichzeitig ganz auf der Netzhaut entworfen werden kann, so bewegen wir das Auge bis successive alle Theile auf der Netzhaut sich dargestellt haben. Diese Bewegung des Auges, das Muskelgefühl in den Augenmuskeln, welche auch durch Bewegungen des Kopfes, ja des Gesammtkörpers unterstützt sein können, die in ihrer Intensität die Seele ja so genau zu schätzen vermag, dienen zu einem Maass der Schätzung der Grössenausdehnung der gesehenen Objecte.

Die Entfernung der Gegenstände vom Auge schätzen wir zum Theil auch aus der Grösse des ihnen entsprechenden Netzhautbildes, besonders bei Objecten, deren wahre Grösse uns durch andere Beobachtung schon wenigstens annähernd bekannt ist, wie bei einem Baume, einem Kirchthurme etc., die wir für sehr entfernt halten, wenn ihre Netzhautbilder sehr klein sind. Auch diese Schätzung wird durch den Muskelsinn unterstützt. Vor allem ist es die uns bewusstwerdende Accommodationsanstrengung, welche uns über Nähe und Ferne belehrt, da nur nahe Objecte zum scharfen Erkennen eine Accommodationsanstrengung verlangen. Das Sehen mit beiden Augen unterstützt dieses Schätzungsvermögen, das nach dem Gesagten auch dem einzelnen Auge zukommt, dadurch dass wir durch das Muskelgefühl in den Augenmuskeln uns eine Vorstellung von dem Grade der Convergenz unserer Sehaxen machen können, die für entferntere Objecte keine Anstrengung erfordert.

Auf Bewegung der Gegenstände schliessen wir aus der Bewegung der Netzhautbilder, was zu den bekannten Täuschungen beim Fahren Gelegenheit giebt.

Um den Eindruck der Körperlichkeit der gesehenen Objecte zu erwecken, müssen die in jedem Auge entstehenden Netzhautbilder gewisse Verschiedenheiten zeigen, welche daher rühren, dass jedes Auge den gesehenen Körper selbstverständlich von einem verschiedenen Standpunct aus betrachtet. Die beiden Netzhautbilder decken sich also vollkommen, da jedes von dem besonderen Augenstandpunct aus anders perspectivisch verschoben ist. Ueber das Vor- oder Rückwärtsliegen eines Theiles des Objectes wird nach älteren Annahmen das Auge durch den Accommodationsapparat, oder vielmehr dessen grössere oder geringere Anstrengung, sowie durch das Gefühl der grösseren oder geringeren Convergenz der Sehaxen unterrichtet, vielleicht auch durch grössere oder geringere Lichtstärke der einzelnen Theile, wenigstens bei Gegenständen in sehr grosser Entfernung, bei denen das Muskelgefühl uns keine Aufschlüsse ertheilen kann. Da auch das einzelne Auge für sich körperlich sieht, so müssen auch noch andere Momente hier in Wirksamkeit treten, als die ge-

nannten, sicher werden hier auch die durch den Tastsinn gesammelten Erfahrungen verwerthet. Sehr entfernte Körper werden von zwei Augen nicht mehr körperlich gesehen, nach Böttcher ist die Grenze dafür bei parallelen Augenaxen 700 Fuss.

Die Einrichtung des Stereoskopes beruht darauf, dass zwei von etwas verschiedenen Seiten aufgefasste Bilder desselben Gegenstandes, wenn je eines nur auf eine Netzhaut fällt — die gleiche Bedingung wie bei dem gewöhnlichen Körperlichsehen — als körperlich aufgefasst werden. Das einfachste Stereoskop ist eine Scheidewand, welche man zwischen die Augen hält, mit denen man gleichzeitig zwei einander nahestehende von etwas verschiedenen Seiten perspectifisch gezeichnete, gleich grosse Bilder desselben Gegenstandes betrachtet, sodass das eine Bild nur in das eine, das andere in das zweite Auge fällt, beide Bilder werden dann zu einem einzigen verschmolzen gesehen, das den Eindruck der Körperlichkeit täuschend hervorruft.

Bewegungen der Augen.

Noch wurden die Bewegungen des Augapfels selbst, die für den Augenarzt, der vielfältigen Motilitätsstörungen der Augen wegen z. B. Schielen, von so einschneidender Wichtigkeit sind, fast ganz unerwähnt gelassen. Mit Hülfe der Augenmuskeln sind wir im Stande, die hauptsächlich empfindende Netzhautstelle den Objecten an fast jedem beliebigen Orte gegenüberzustellen, die beiden Sehaxen gemeinschaftlich auf ein fixirtes Object zu richten, wobei uns noch, wie wir hörten, das Muskelgefühl der hauptsächlich thätigen Muskeln in seiner relativen Stärke ein Maass abgiebt, Grösse und Entfernung der Objecte zu schätzen. Die Augen werden gleichzeitig bewegt. Es erfolgt diese gleichzeitige Bewegung zum Zwecke des Einfachsehens direct durch den Willen. Wir lernen abnorme Bewegungen ausführen, sobald wir die Augen unter abnormen Bedingungen sehen lassen (Helmholtz). Die Hauptarbeiten in diesem Gebiete wurden von: Meissner, Donders, Fick, v. Gräfe, Helmholtz etc. geliefert.

Das Auge stellt ohngefähr eine Kugel dar und seine Bewegungen folgen darum im Allgemeinen den Bewegungsgesetzen, die bei den Kugelgelenken schon Erwähnung gefunden haben; seine Bewegungen sind, da das Centrum, der Drehpunct fixirt ist, keine Ortsveränderungen sondern nur Drehungen.

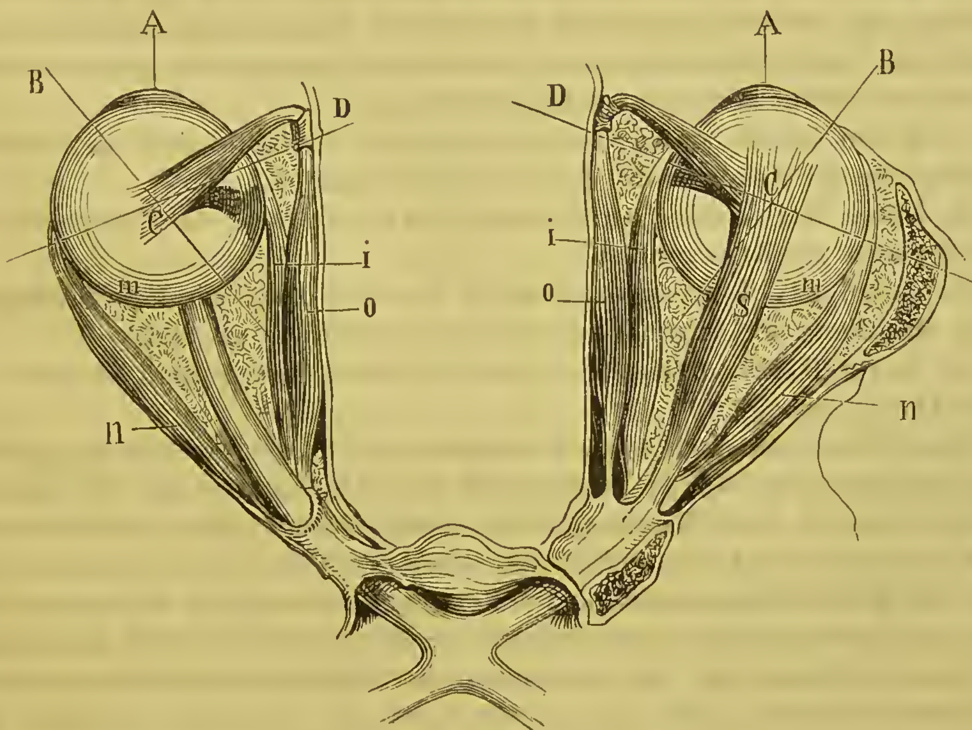
Hier muss erwähnt werden, dass der Drehpunct der Augen nicht wie bisher angenommen mit der Mitte der Augenaxe zusammenfällt. Bei normalsichtigen Augen liegt der Drehpunct 1,77 Mm. hinter der Mitte der Augenaxe. Bei Kurzsichtigen (Myopen) liegt der Drehpunct tiefer im Auge aber auch weiter entfernt vom hinteren Umfang desselben. Bei Uebersichtigen (Hypermetopen) ist der vor dem Drehpunct gelegene Theil der Augenaxe bedeutend länger als der hinter jenem gelegene und zwar noch bedeutender als bei Normalsichtigen (Donders und Doyer).

Um die Stellung einer Kugel zu bezeichnen, brauchen wir wenigstens zwei Puncte, und zwar dürfen diese nicht im Verhältnisse von Polen zu einander stehen. Um die Augenstellungen zu bezeichnen, bezieht man diese auf die Hornhautmitte und auf einen Punct des verticalen Meridians, der senkrecht

auf den Aequator des Auges stehend gedacht wird, oder man bezieht sich auch auf den verticalen Meridian selbst. Da das Auge eine Kugel darstellt, so wendet man ungescheut auch die geographischen Bezeichnungen: Pol und Aequator etc. an; letzterer ist selbstverständlich der auf der Augenaxe zwischen den beiden Polen senkrecht stehende grösste Kreis. Ausser dem verticalen Meridian haben wir bei der Betrachtung der identischen Netzhautpuncte noch einen horizontalen Meridian gezogen. Diesen drei eben genannten grössten Kreisen entsprechen drei Durchmesser oder Axen: Sehaxe, und auf ihrem Mittelpunct senkrecht stehend die Höhenaxe und die Queraxe.

Meissner hat die Drehungsaxen, um welche das Auge beim Uebergang aus einer bestimmten Stellung in eine andere rotirt wird, in streng mathematischer Weise abgeleitet. Er musste dazu für jeden einzelnen Muskel auch eine eigene Muskelebene — die Ebene, welche durch den Ansatz und Insertionspunct des Muskels und das Centrum der Kugel bestimmt wird —, und für jede Muskelwirkung einen auf der betreffenden Muskelebene senkrecht stehenden Kugelradius als Rotationshalbaxe einführen. Für das praktische Bedürfniss genügt es nach A. Gräfe, von dieser genau mathematischen Betrachtungsweise abzustehen und die sechs den Augapfel bewegenden Muskeln als drei Muskelpaare aufzufassen, deren jedes zwei im entgegengesetzten Sinne wirkende Muskeln enthält: Rectus internus und R. externus, R. superior und R. inferior, Obliquus superior und O. inferior. (Fig. 178.). Nur bei dem ersten Muskelpaare ist die Muskelebene, die wir uns durch die beiden die

Fig. 178.



s R. superior, *i* R. internus, *n* R. externus, *o* Obliquus super., *C* Augapfel.

Kraftrichtung der Muskeln repräsentirenden Linien gelegt denken ein grösster Kreis, die Rotationsaxe also ein Kugeldurchmesser, sodass also alle Muskel-

bewegung nur Rotation hervorbringt. Bei den beidenanderen Paaren ist dieses nicht der Fall; der Augapfel würde also durch ihre Wirkung auch seitlich verschoben werden, wenn dieses nicht durch die Unverrückbarkeit des Drehpunctes vermieden wäre.

Bei den Augenstellungen kommen meist mehrere Muskeln gleichzeitig zur Thätigkeit, sodass die Analyse der Bewegung dadurch sehr erschwert wird, wozu noch der weiter zu beachtende Umstand viel beiträgt, dass nach der veränderten Richtung der Sehaxe im Visirfelde auch die Drehungsaxe des gerade zur Thätigkeit kommenden Muskels eine andere Lage erhält und die Wirkung desselben dadurch wesentlich modifieirt wird.

Gehen wir die hauptsächlichsten Augenstellungen danach etwas eingehender durch, soweit diese Frage für den Augenarzt Bedeutung hat und schliessen uns darin der Darstellung von Donders an.

1. Beim Blick in der horizontalen Medianebene, welche man sich senkrecht zur Angesichtsfläche durch die die beiden Augencentren verbindende Gerade — Grundlinie — gelegt denkt, gerade aus, nach links, nach rechts ist der verticale Meridian nicht geneigt, sondern behält seine verticale Stellung bei. Nach Meissner ist diess genau nur dann der Fall, wenn die Visirebene 45⁰ unter den Horizont geneigt und die Mittellinie senkrecht zur Grundlinie gerichtet ist, eine Stellung, die er als Primärstellung für die anderen als Ausgangsstellung wählt. Für das praktische Bedürfniss genügt jedoch die oben gegebene Darstellung, da besonders für ein Auge, dessen Fernpunct ziemlich entfernt liegt, die betreffenden Abweichungen nur sehr gering sind.

2. Beim Blick in der verticalen Medianebene, die in der Mittellinie des Gesichtes auf der oben genannten horizontalen Medianebene senkrecht steht, gerade aus, nach oben nach unten, verhält sich der verticale Meridian ebenso wie bei der vorhin betrachteten Augenstellung.

3. Beim Blick diagonal nach links oben sind die verticalen Meridiane beider Augen parallel nach links geneigt.

4. Beim Blick diagonal nach links unten, sind sie analog parallel nach rechts geneigt.

5. Beim Blick diagonal nach rechts oben sind die beiden verticalen Meridiane der Augen parallel nach rechts geneigt.

6. Beim Blick diagonal nach rechts unten sind sie parallel nach links geneigt.

Wir haben nun noch nach den Muskeln zu fragen, welche für jede der eben genannten Stellungen nothwendig sind. Betrachten wir die einzelnen Muskeln selbst in ihrer Wirkung, so ist schon erwähnt, dass die Muskelebene des R. externus (Abducens) und des R. internus mit der Aequatorialebene des Bulbus zusammenfällt. Die Rotation kann also, da sie um die Verticalaxe des Bulbus erfolgt, ohne Neigung des Meridians beim Blick nach aussen und innen erfolgen. Bei den diagonalen Bulbusstellungen ist der Abducens und zwar bei denen nach aussen und oben und nach aussen und unten mitbetheiligt. Der R. internus bei der Stellung nach oben und innen, und nach unten und aussen, bei diesen Stellungen betheiligen sie sich auch an der normalen Meridianneigung, sodass bei Ausfall ihrer Wirkungen der Meridian in dem betroffenen Auge falsch geneigt wird.

Die Muskelebene des Rect. superior und inferior ist von vorn und aussen nach hinten und innen gegen den verticalen Meridian geneigt; also fällt auch die Drehungsaxe nicht mit dem Querdurchmesser des Auges zusammen sondern ist schief gegen ihn geneigt. Der Rect. superior rollt nach oben und innen und neigt dabei den Meridian nach innen. Der R. inferior rollt nach unten und innen und neigt den Meridian nach aussen. Beim Blick nach aussen sind ihre Drehbewegungen auf den Bulbus am deutlichsten, beim Stand der Cornea nach innen ihre Wirkungen auf den Meridian.

Bei dem Obliquus superior (Trochlearis) und Obliq. inferior ist die Muskelebene so gegen den horizontalen Meridian geneigt, dass das innere Ende nach vorne, das äussere nach hinten von ihm gelegen ist. Der Obliquus superior dreht die Cornea nach unten und aussen und neigt den verticalen Meridian nach innen; der Ob. inferior dreht die Cornea nach oben und aussen und neigt den Meridian auch nach aussen. Den Haupteinfluss auf die Drehung der Cornea besitzen sie bei deren Stellung nach innen, hier wird der Ausfall ihrer Wirkungen am deutlichsten. Den Meridian neigen sie am stärksten bei der Stellung nach aussen.

Beim Blick gerade aus sind alle Muskeln im Gleichgewicht, dabei überwiegen die R. interni etwas vermöge ihrer stärkeren Entwickelung, sodass sich die Sehaxen etwa in einer Entfernung von 8—12′ schneiden, der Meridian ist nicht geneigt.

Beim Blick horizontal nach aussen wirkt der R. externus, der Meridian ist nicht geneigt.

Beim Blick horizontal nach innen wirkt der R. internus, der Meridian ist nicht geneigt.

Beim Blick vertical nach oben wirken gemeinsam der R. superior und Obliq. inferior, der Meridian ist nicht geneigt.

Beim Blick nach unten kommen der R. inferior und Ob. superior zur Wirkung, der Meridian ist nicht geneigt.

Beim Blick diagonal nach oben und aussen wirken der R. superior, R. externus und der Obl. inferior zusammen. Der letztere ist bezüglich des Meridians hier in seiner Kraftstellung (vergl. oben), er überwiegt und neigt daher den Meridian nach aussen.

Beim Blick diagonal nach aussen und unten werden der R. inferior, R. externus und Obliq. superior benützt; letzterer überwiegt in Bezug auf die Meridianstellung, sodass der Meridian nach innen geneigt ist.

Beim Blick diagonal nach oben und innen wirken der R. superior, R. internus und Obliq. superior, die Recti sind in Betreff des Meridians in ihrer Kraftstellung und neigen ihn nach innen

Beim Blick diagonal nach innen und unten sind der R. inferior, der R. internus und der Obliquus superior betheiligt; der R. inferior überwiegt hiebei in Betreff des Meridians, und neigt ihn nach aussen.

Ueber die Schutzorgane des Auges vergleiche man die anatomischen Handbücher.

Achtundzwanzigstes Capitel.

Der Gehörsinn.

Abschnitt I.

Das Ohr als Sinneswerkzeug.

Der Hörnerve und seine Endapparate.

Wie am Auge so ist auch am Ohre, dem Sinnesapparate des Gehörsinnes, das Wesentlichste der Sinnesnerve. Die specifische Eigenschaft des Acusticus ist es, mechanische Impulse, die seine Endorgane treffen, als Schall, regelmässig schnell sich wiederholende Stösse als Töne aufzufassen.

Dem in den festesten Theil des knöchernen Schädels eingeschlossenen Gehörnerven des Menschen werden durch einen Leitungsapparat die regelmässigen oder unregelmässigen Schwingungen der Luft, die seinen normalen Reiz ausmachen, zugeführt. Es ist klar, dass wir auch durch diesen Sinn nicht etwa direct von den Schwingungen der Luft selbst Etwas erfahren; auch er unterrichtet uns nur von den Veränderungen der nervösen Centralorgane, welche in Folge der gesetzten mechanischen Reizung eintreten.

Der Gehörsinn hat insofern Etwas mit dem Tastsinne gemein, als hier auch mechanische Impulse die normalen Reize darstellen. Es ist bekannt, dass wir die regelmässigen Schwingungen, welche uns Tonempfindungen erwecken, auch fühlen können, wodurch in uns auch eine Art von musikalischer Empfindung erregt wird. So begreifen wir, wie die niederste Form des Gehörorganes bei den Cephalopoden und Mollusken eine unverkennbare Aehnlichkeit mit den Tastkörperchen zeigen kann. Es ist dort ein mit Flüssigkeit gefülltes Bläschen, mit dem der Hörnerve in Verbindung steht.

Bei dem Menschen ist das Organ sehr complicirt gebaut.

Die Endorgane des Acusticus, auf deren Erregung normal die Tonempfindungen beruhen, sind in dem inneren, knöchernen Hohlraume des Ohres, dem Labyrinthe ausgebreitet, das mit Flüssigkeit gefüllt ist. Sie liegen theils in den Vorhofsäckchen und Ampullen, theils in der häutigen Bekleidung der Schnecke.

Die Vorhofsäckchen bestehen nach Kölliker aus einer durchsichtigen, elastischen Membran, in der sich Netze von Bindegewebskörperchen erkennen lassen. Dann folgt eine glasartige Hülle. Die innerste Lage wird von einem

einfachen Pflasterepithel gebildet, aus vieleckigen Zellen bestehend. Im Innern des Hohlraumes, den die genannten Gebilde umschliessen, findet sich die Perilymphe, das Labyrinthwasser.

Der Gehörnerve theilt sich im inneren Gehörgange (Meatus auditorius internus) in den Nervus vestibuli und den Nervus cochleae.

Der Nervus vestibuli verbreitet sich an das elliptische Säckchen und die Ampullen, ohne in die halbcirkelförmigen Canäle selbst einzudringen. In den Ampullen treten die Nerven je an einen eigenen Wandvorsprung (Steifensand), um dort in das Epithel einzutreten. Auch in den Säckchen findet sich ein ähnlicher, aber weniger deutlicher Vorsprung der Wand, auf der die Nerven endigen. An der Nervenausbreitung in beiden Säckchen findet sich ein dem freien Auge sichtbarer weisser Fleck, der durch eine helle Haut an der Innenwand festgehalten wird; er besteht aus doppelt zugespitzten, sechsseitigen Säulchen von kohlensaurem Kalk, die als Gehörsand oder Gehörsteinchen beschrieben werden (Fig. 179).

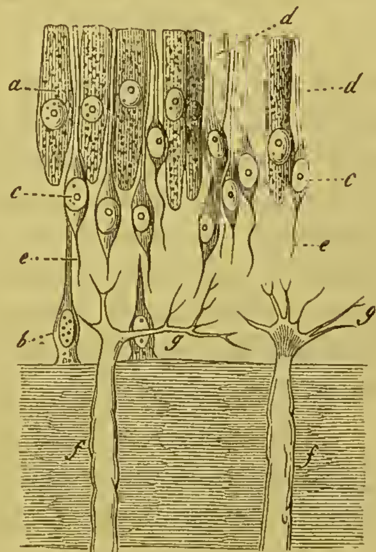
Fig. 179. (*F.*)



Otolithen, bestehend aus kohlensaurem Kalk (nach Funke).

Die Acusticusfasern treten, wie es vor allem durch M. Schultze sicher erwiesen scheint (Reich, M. Schultze, Kölliker etc.), durch das Epithel durch und endigen in zellenähnlichen Gebilden, die oben mit feinen, borstenförmigen Haaren, den Hörfäden, besetzt sind. Nach Reich, der seine Beobachtungen am Petromyzon angestellt hat, erheben sich die feinen Nervenfasern des Acusticus in den oben genannten Falten, nachdem sie spindelförmige, kleine Anschwellungen gebildet haben, gegen die freie Oberfläche des Epithels zu. Innerhalb desselben zeigen sie sogleich eine rundliche Anschwellung mit glänzendem Kern und Kernkörperchen. Aus dieser Anschwellung soll eine etwas breitere Faser in die Höhe gehen zwischen den Cylinderzellen des Epithels und in einer birnförmigen Zelle endigen, die an der Spitze eine feine, fadenförmige Verlängerung trägt. M. Schultze beschreibt diese letzteren zwischen den Epithelzellen gelegenen Nervenzellen als blass, spindelförmig gestaltet mit einem äusseren stäbchenförmigen Fortsatze, der mit Haaren: Hörfäden besetzt ist, und einem nach innen verlaufenden nicht varicösen Faden, der das Nervenende darstellt (Fig. 180). Bei Säugethieren fanden M. Schultze und Kölliker ganz ähnliche

Fig. 180. (*F.*)



Aus der Crista acustica der Ampullen von Raja clavata nach Schultze. *a* Cylinderzellen; *b* Basalzellen; *c* Faserzellen mit dem oberen stäbchenförmigen *d* und dem unteren fein fibrillären Fortsatz *e*; *f* Nervenfasern, bei *g* zu blassen sich ramificirenden Axencylindern werdend.

Gebilde. Auch nach Fr. E. Schulze stehen die Acusticusfasern mit den Hörfäden in directer Verbindung. Auf den ersten Blick springt die Analogie dieser Endgebilde des Acusticus mit den Zapfen der Retina in die Augen.

Die Schnecke des Labyrinths erhält ihren Namen nach ihrer Gestalt, welche eine auffallende Aehnlichkeit mit einem Schneckengehäuse besitzt (Fig. 181). Der Innenraum wird durch das an die Spindel befestigte Spiralblatt (Lamina spiralis ossea) in zwei getrennte Höhlungen, Treppen getheilt; von denen die der Basis nähere untere durch das runde Fenster mit dem Vorhof communicirt und darum den Namen Scala tympani erhält, während die zweite, die obere: Scala vestibuli, welche von der Basis der Schnecke weiter entfernt ist mit dem Recessus hemisphaericus des Vorhofs in Verbindung steht.

Fig. 181. (*K.*)



Senkrechter Durchschnitt durch die Schnecke eines älteren Kalbsembryo, deren Gehäuse mit Ausnahme einer kleinen knorpeligen Stelle schon verknöchert war, während die Spindel und Spirallamelle noch häutig waren. In allen Windungen ist der Canalis cochlearis sichtbar, dessen Höhe 0,250''', die Breite 0,266''' betrug, wobei zu bemerken, dass die scheinbar grössere Breite desselben in der Kuppel daher rührt, dass der Schnitt hier seitlich neben dem Spindelblatte vorbeiging. Im Canalis cochlearis sind die Habenula sulcata und die zwei Epithelialwülste auf der Membrana basilaris sichtbar. Vergröss. 6mal. Breite der Schnecke an der Basis $3^2/_3$''', Höhe derselben $2^1/_5$'''.

Die Lamina spiralis ossea reicht nicht von der Spindel bis zur gegenüberstehenden Wand, sie setzt sich an die letztere erst durch eine Hautlamelle, die Lamina spiralis membranacea, an, welche als eine directe Fortsetzung der knöchernen Lamelle erscheint.

Ausser diesen beiden Treppen enthält der mit dem Labyrinthwasser erfüllte Schneckencanal noch einen mittleren engen Raum, den Kölliker als Scala media bezeichnet, Reissner als Canalis cochlearis beschreibt. Dieses Organ ist weitaus das wichtigste in der gesammten Schnecke. Dieser eigentliche Schneckencanal wird durch eine von der Lamina spiralis membranacea sich in die Scala vestibuli hinein erhebende Membran, die sich an der Wand ansetzt, die Reissner'sche Haut gebildet. Er stellt demnach einen dreieckigen Raum auf dem Durchschnitt dar, welcher als Basis die Lamina spiralis membranacea, als die eine innere Seite die Reissner'sche Haut, als äussere Seite die Knochenwand der Schnecke besitzt (Fig. 182).

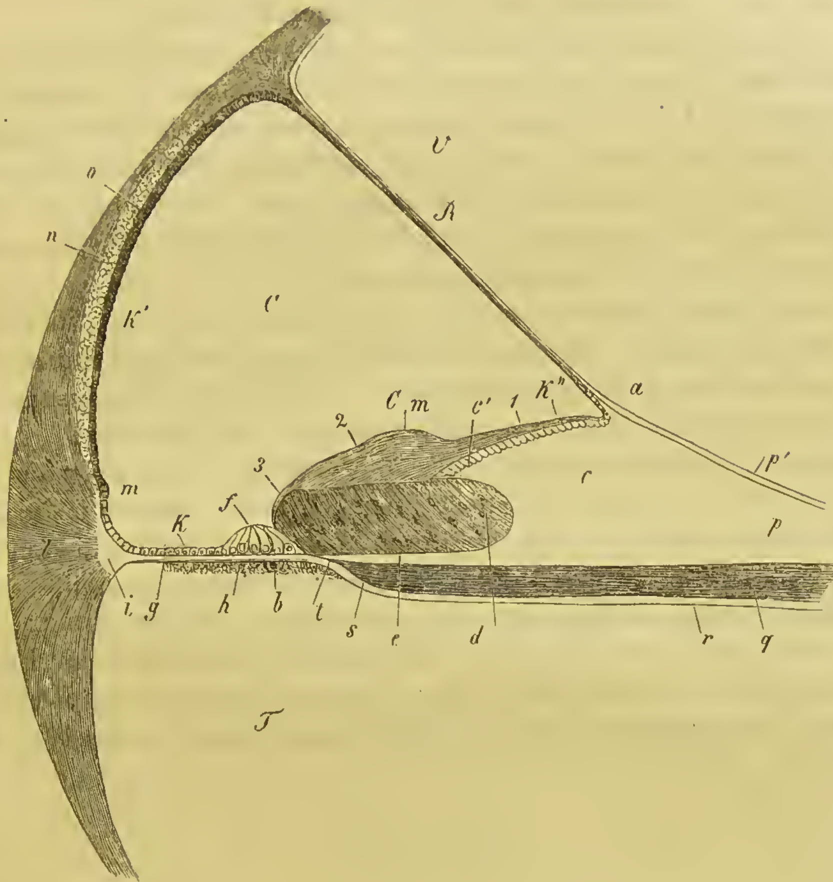
Die Lamina spiralis membranacea im mittleren Schneckengange trägt in einem eigenthümlich umgewandelten Epithel die Enden der Schneckennerven; nach ihrem Entdecker werden diese Endorgane Corti'sches Organ genannt.

An der Seite, welche die Lamina spiralis membranacea der Scala tympani zuwendet, bietet sie ausser einem in das Bindegewebe eingebetteten Gefässe (Vas spirale internum) Nichts Auffälliges dar, um so mehr auf der Seite, welche der Scala media zugekehrt ist. Nach Kölliker folgen sich hier von innen nach aussen:

1) Die Habenula sulcata (Corti), ein in zahnartige Spitzen auslaufen-

der Vorsprung des Periostes der Lamina spiralis (*c*); sein niedriger Anfang gehört noch dem knöchernen Theile der Spiralplatte an.

Fig. 182. (*K.*)



Canalis cochlearis mit den angrenzenden Theilen von der in Fig. 181 dargestellten Schnecke, 100mal vergr. *C.* Canalis cochlearis (embryonaler Schneckencanal), *V.* Scala vestibuli, *T.* Scala tympani, *R.* Reissner'sche Haut, *a.* Anfang derselben an einem Vorsprunge der Habenula sulcata *c*, *b.* Bindesubstanzschicht mit dem Vas spirale internum unten an der Membrana basilaris, *c'.* Zähne der ersten Reihe, *d.* Sulcus spiralis mit dickem Epithel, das bis zum Corti'schen, hier noch nicht ausgebildeten Organe *f* sich erstreckt, *e.* Habenula perforata. *mC.* Corti'sche Haut. 1. Innerer dünner Theil derselben, 2. dicker mittlerer Theil, 3. dünnes vorderes Ende, *g.* Zona pectinata, *h.* Habenula tecta (Habenula arcuata Deiters), *k.* Epithel der Zona pectinata, *k'.* der äussern Wand des Canalis cochlearis, *k''.* der Habenula sulcata, zum Theil in den Furchen derselben gelegen und auf die Reissner'sche Haut übergehend, *l.* Lig. spirale, *i.* heller Verbindungstheil desselben mit der Zona pectinata, *m.* Vorsprung des Lig. spirale nach innen, *n.* knorpelartige Platte, *o.* Stria vascularis, *p.* Periost der Zona ossea, später in der Tiefe verknöchernd, *p'.* helle äusserste Schicht derselben auf die Reissner'sche Haut und das Periost der Scala vestibuli übergehend. (Ein Epithel wurde in diesem Falle nicht gesehen.) *q.* Ein Bündel des Schneckennerven, *s.* Stelle, wo die dunkelrandigen Fasern aufhören, *t.* blasse Fortsetzungen derselben in den Canälen der Habenula perforata, *r.* Periost der Zona ossea auf der Seite der Scala tympani.

2) Der Semicanalis s. Saccus spiralis (*d*), eine Furche, welche ganz mit zartem Epithel erfüllt ist. Sie steht auf dem Anfange der Lamina spiralis membranacea, dem Kölliker den Namen Habenula perforata zugelegt hat, da sie an ihrem äusseren Ende durch die Schneckennerven, welche durch sie in den eigentlichen Schneckencanal (Canalis cochlearis) eintreten, durchbohrt wird.

Die Organe unter 1) und 2) sind von einer streifigen Haut bedeckt, welche als Membrana Cortii (*m. C*) bezeichnet wird.

3) Das **Corti'sche Organ**, bestehend aus zwei Reihen von Fasern, den äusseren und inneren Corti'schen Fasern, welche zusammen einen Bogen bilden, der sich in den Canalis cochlearis hineinwölbt.

Nach aussen von den Corti'schen Fasern liegen mehrere Reihen länglicher Zellen, die Corti'schen und Deiters'schen Zellen.

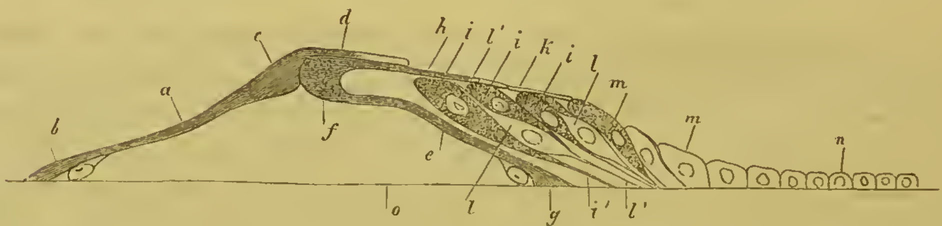
Die äusseren Corti'schen Fasern und die genannten Zellen werden von einer netzförmigen Haut, der Lamina reticularis (Kölliker) bedeckt.

Der Theil der Lamina spiralis membranacea, welcher diese Gebilde aufsitzen — Lamina basilaris — ist unter denselben gleichmässig dünn und glatt (Habenula tecta [*h*], Kölliker), nach aussen gegen die Wand zu, an welcher sie sich mit einer als Ligamentum spirale (*l*) beschriebenen Fasermasse ansetzt, wird sie etwas gerippt: Habenula pectinata (*g*).

Die Corti'schen Fasern werden, wie schon erwähnt, in innere und äussere unterschieden; sie sind mit ihren Enden an die Membrana basilaris befestigt und stehen dicht neben einander. Indem sie sich gegen einander zu erheben und sich dann berühren, stellen sie eine Art Steg dar.

Die inneren Fasern sind zahlreicher als die äussern, sodass auf drei innere nur zwei äussere treffen, sonst sind sich beide Faserarten in vielen Beziehungen sehr ähnlich. Beide beginnen mit einem verbreiterten Ende von der Lamina basilaris, werden dann, indem sie sich gegen einander neigen, stäbchenförmig und endigen in eine kopfartige Anschwellung: Gelenkenden nach Corti, von denen die der inneren ausgehöhlt sind zu Gelenkgruben, in welche die Gelenkköpfe der äusseren Fasern hereinpassen. An der Basis beider Fasergattungen findet sich je eine Ganglienzelle (Kern nach Kölliker) (Fig. 183).

Fig. 183. (*K.*)



Ansicht des Corti'schen Organes von der Seite aus verschiedenen Beobachtungeu zusammengestellt, 540mal vergr. *a.* Innere Corti'sche Faser, *b.* Anfang derselben mit einem Kerne an der einen Seite, der wie durch eine zarte Hülle an die Faser befestigt ist, *c.* Gelenktheil der Faser, *d.* helle Anhangsplatte, deren Verbindung mit den andern solchen Platten den Anfang der Lamina reticularis bildet, *e.* äussere Corti'sche Faser, *f.* Gelenkstück derselben, *g.* Ende an der M. basilaris (*o*) mit einem Kerne an der einen Seite, *h.* Stäbe an den äussern Corti'schen Fasern der Lam. reticularis angehörend, *k.* der vordere Theil dieser Haut in der Seitenansicht, *iii.* Corti'sche Zellen mit (*i'*) den fadenförmigen Ausläufern derselben, die an die M. basilaris gehen, *l.* Deiters'sche Zellen, nicht schattirt, um dieselben deutlicher zu machen, *l'l'.* untere und obere Ausläufer derselben, *mm.* grosse Epithelzellen nach aussen vom Corti'schen Organe, *n.* kleine Epithelzellen, beide auf der Zonâ pectinata.

Ueber den Fasern, mit diesen zusammenhängend, liegen die Gebilde der von Kölliker entdeckten Lamina reticularis cochleae. An den Vereinigungsstellen der inneren und äusseren Fasern tragen die ersteren eigenthümliche Anhänge: Platten (*d*). In ihrer Gesammtheit stellen sie eine helle Platte der Lamina reticularis dar mit zart begrenzten Abtheilungen für je eine Faser.

Auf diese folgt eine Reihe von Stäbchen, welche, an ihrem Ende leicht angeschwollen, mit den Gelenkenden der äusseren Fasern zusammenhängen, indem sie in einer Vertiefung ihrer vorderen, oberen Kante liegen (Deiters).

Dann folgen zwei Reihen sanduhrförmig gestaltete Zwischenglieder (*l*), innere und äussere, zwischen denen drei Reihen von Löchern stehen: innere, mittlere und äussere. Hinter den Zwischengliedern folgt noch eine einfache Reihe rechteckig gestalteter Endglieder (Schlussrahmen) (*p*), mit fadenförmigen Anhängen (*q*) versehen.

In der Gegend der Löcher der Membrana reticularis sitzen abwechselnd in drei Reihen die gestielten Corti'schen Zellen an. Sie sind sehr zarte und vergängliche Gebilde. Ihr oberes, breit abgestutztes Ende haftet an den Löchern der Membrana reticularis an und trägt einen Halbzirkel von feinen Härchen (Deiters), die über die Membrana reticularis hervorragen. Sie wenden sich mit ihrem walzenförmigen Körper nach aussen von den äusseren Corti'schen Fasern schief nach abwärts und heften sich endlich mit einem feinen fadenförmigen Ende an die Membrana basilaris, auf der alle die beschriebenen Gebilde des Corti'schen Organes stehen. Sie besitzen in einem feinkörnigen Inhalte einen deutlichen, runden Kern. Deiters fand neben diesen Corti'schen Zellen noch andere, spindelförmige, welche nach beiden Seiten in feine Fäden ausgehen, mit denen sie sich theils an der Membrana reticularis, theils mit den Ausläufern der Corti'schen Zellen verschmolzen an der Membrana basilaris anheften.

Das Verhalten des Acusticus diesem zart gebauten Endorgane gegenüber ist noch nicht vollkommen aufgeklärt.

Wie schon angegeben, beobachtete Kölliker, dass alle Nervenröhren verschmälert und blos durch die Löcher der Habenula perforata in den Canalis cochlearis eindringen. Max Schultze sah sie dort noch feinste blasse, varicöse Fäden darstellen, die sicher irgendwo mit dem Corti'schen Organe sich verbinden. Max Schultze und Deiters lassen sie nach dem Durchtritt durch die genannten Löcher rechtwinkelig nach rechts und links umbiegen, um endlich in den kleinen Ganglienzellen zu endigen, welche an der Basis der Corti'schen Fasern ansitzen, die nach Kölliker nur Kerne der Fasern selbst sind. Kölliker scheint ein Zusammenhang der feinsten Nervenfädchen mit den wimperntragenden Zellen, die oben beschrieben wurden, wahrscheinlicher. —

Gang der Schallwellen im Ohr.

Die genannten Organe sind es, von denen die ihnen zugeleiteten Wellenbewegungen als Reiz aufgefasst werden, wodurch in dem Sensorium eine Gehörsempfindung entsteht.

Es sind gewöhnlich Luftwellen, die dem Gehörorgane als Reize zugeleitet werden, für die Aufnahme derselben ist das äussere menschliche Ohr sehr zweckmässig eingerichtet. Wir sind auch im Stande unter Wasser zu hören. Hier ist das äussere Ohr weniger zu verwerthen; es werden die Bewegungen in diesem Falle direct auf die Kopfknochen übertragen, die sie dem Labyrinthwasser zuleiten, welches dadurch in Mitschwingungen versetzt wird. Ein

analoger Fall findet statt, wenn wir eine tönende Stimmgabel an die Zähne anlegen, auch dann wird die Leitung durch die Kopfknochen übernommen.

Unter normalen Verhältnissen ist dagegen stets das äussere Ohr als Leitungsapparat der Schallwellen verwerthet, das dazu auch weit geschickter ist als die Knochenleitung.

An den äusseren Gehörgang ist hörrohrähnlich das äussere etwas trichterförmig gestaltete Ohr angebracht, welches die Schallwellen in grösserer Ausdehnung zu fassen und in den äusseren Gehörgang zu reflectiren hat. Das menschliche Ohr hat in den meisten Fällen diese Fähigkeit als Hörrohr zu dienen, fast vollkommen verloren, da es durch eine allgemein gebräuchliche Gewohnheit bei der körperlichen Erziehung der Kinder (Haube) nicht nur meist ganz flach an den Kopf angedrückt ist, sondern auch seine normale Beweglichkeit durch Muskeln eingebüsst hat. Doch wird ohne Frage immer noch ein Theil der auffallenden Schallwellen durch das Ohr und seine mannichfachen Vorsprünge dem Gehörgange zugeleitet. Aus dieser Verkümmerung unseres äusseren Ohres resultirt das auffallende Verhältniss, dass Verlust desselben die Schärfe des Gehörs nicht merklich schwächt, was E. Harless auch durch Experimente, bei denen er ein Röhrchen in den Gehörgang steckte, nachweisen konnte.

Sind die Schallwellen einmal in den äusseren Gehörgang hereingelangt, so werden sie nach ein- oder mehrmaliger Reflexion an seinen Wänden auf das Trommelfell geworfen, welches als eine elastische ziemlich stark gespannte Membran dadurch in vollkommen analoge Schwingungen versetzt wird, sodass in bestimmten Grenzen jeder Ton genau in seiner Schwingungszahl auf das Trommelfell übertragen wird, ja wir wissen sogar, dass sehr complicirte Gemische von einfachen Tönen: Klänge vollkommen genau auf das Trommelfell übergehen.

Auch die Intensität der Töne und Klänge überträgt sich genau auf das Trommelfell, doch hören wir tiefere Töne von derselben relativen Intensität weniger stark als höhere, da das Trommelfell von letzteren leichter in Mitschwingungen versetzt wird als von ersteren.

Dass eine gespannte Membran wie eine gespannte Saite überhaupt leicht durch tönende Körper, z. B. Stimmgabeln, in Mitschwingungen versetzt werden könne, ist allgemein bekannt; doch geschieht dies nur dann, wenn z. B. die Saite so gespannt ist, dass ihre Schwingung denselben Ton erzeugen würde der angeschlagen wurde, oder wenigstens einen Ton, der in einem einfachen Verhältnisse z. B. als Octave zu dem erregten Tone steht. So ist es bekannt, dass, wenn man einen Ton laut und rein in die Saiten eines Klavieres singt, nur die Saiten, welche in der oben bezeichneten Weise mit ihm übereinstimmen, in Mitschwingungen versetzt werden.

Anders ist es nach den oben gemachten Angaben, die eben von unserer Fähigkeit abgeleitet sind, alle möglichen Töne in ihrer eigenen Klangfarbe und Stärke aufzufassen, mit dem Trommelfell. Es ist noch nicht vollkommen aufgeklärt, woher dieses Organ die Möglichkeit des Schwingens in so verschiedenen Zahlen, wie es das Mitschwingen mit den verschiedenen Tönen voraussetzt, erhält. Sicher wirkt hier der bedeutende Widerstand mit, der den Schwingungen des Trommelfelles durch seine Anheftungsweise und Verbindung mit den Gehörknöchelchen entgegengesetzt wird, wodurch seine Eigen-

schwingungen beinahe oder vollkommen unterdrückt werden müssen, ebenso das Nachschwingen; die Tonempfindung hört mit dem Aufhören des Tones momentan auf.

Das Trommelfell besitzt in dem Tensor tympani einen Apparat zur Herstellung eines verschiedenen Spannungsgrades. Es wird dadurch eine Art Accommodation wie am Auge ermöglicht. Durch höhere Spannung wird das Trommelfell geschickter werden in Mitschwingungen durch höhere Töne versetzt zu werden; umgekehrt ist es bei der Abspannung der Membran. Der Musculus tensor tympani setzt sich an den Hals des Hammers an. Indem er sich zusammenzieht, wird dadurch der Griff des Hammers, der in die Lamellen des Trommelfells eingeschoben und dort fest verwachsen ist, nach innen gezogen und die Membran dadurch gespannt. Schon in der Ruhe ist der Hammergriff durch Bänderspannung etwas nach innen gezogen, sodass die Stelle, an der er sich etwa im Centrum des Trommelfelles ansetzt, als Nabel (Umbo) eingezogen erscheint. An den langen Fortsatz des Hammers setzt sich der Musculus laxator tympani, der Erschlaffer des Trommelfelles an, den man in neuerer Zeit für ein Band gehalten, dessen musculöse Natur aber von Hyrtl in Schutz genommen wird.

Durch die stärkere Spannung des Trommelfelles, welche auch noch durch Luft Ein- oder Auspumpen aus der Paukenhöhle, wie es durch starke In- oder Exspiration möglich ist, erfolgen kann, wird die Schwingungsfähigkeit des Trommelfelles natürlich entsprechend herabgesetzt, sodass dadurch eine vorübergehende Schwerhörigkeit entsteht (J. Müller).

Die Spannung des Tensor tympani kann willkürlich hervorgerufen werden, wenigstens von einigen Menschen (J. Müller), die sich also dann willkürlich für bestimmte Tonlagen zu accommodiren vermögen. Der Bewegungsnerve stammt vom Trigeminus und wird bei starken Bewegungen der Kaumuskeln (Fick) in Mitbewegung versetzt. Es entsteht dann das bekannte knackende Geräusch im Ohre, das auch bei dem Schnauben der Nase oder bei starken Schluckbewegungen durch Veränderung des Luftdruckes in der Paukenhöhle entsteht. Es entsteht das Geräusch also durch die plötzliche Spannung des Trommelfelles selbst und hat Nichts mit einem Muskelgeräusche zu thun, wofür man es gewöhnlich ausgiebt.

Die eben besprochene Accommodation im Gehörorgane ist bei verschiedenen Individuen nicht unbeträchtlich verschieden, sodass daraus ganz analoge Abweichungen von einem mittleren Grade dieser Fähigkeit vorkommen als bei den Augen der Kurzsichtigen und Fernsichtigen. Durch eine mangelhafte Spannung des Trommelfelles wird dasselbe mehr weniger seine Fähigkeit, durch hohe Töne in Mitschwingungen versetzt zu werden, verlieren, ebenso im umgekehrten Falle. Leider sind diese Verhältnisse hier noch weniger untersucht als am Auge. Doch weiss man, dass die Grenzen der Gehörsempfindungen bei verschiedenen Personen verschieden gelegen sind, sodass für Einige sehr hohe Töne vollkommen verschwinden, wie z. B. das Zirpen der Grillen, welche von normal Hörenden noch scharf aufgefasst werden können. Man giebt an, dass für das normale Ohr die Grenze der hörbaren Töne zwischen 40 und 16000 Schwingungen gelegen sei, sodass über und unter diesen Schwingungszahlen die Töne nicht mehr gehört, werden in ganz analoger

Weise, wie unser Auge die Randstrahlen des Sonnenspectrums — die chemischen und Wärmestrahlen — nicht zu sehen vermag, obwohl sie vorhanden sind. Die eben für das menschliche Ohr gegebenen Grenzen gelten sicher nicht für das Gehörorgan der Thiere. Man weiss, dass Mäuse bei dem Anstreifen stark gespannter Saiten, wodurch noch kein für unser Ohr wahrnehmbarer äusserst hoher Ton erzeugt wird, schon unruhig werden; ebenso ist es von den Kamelen und Pferden bekannt, dass sie das ferne Brüllen des Löwen, dessen tiefe Töne das menschliche Ohr nicht zu erregen vermögen, schon mit Schrecken erfüllt. Es hängt diese entgegengesetzte Fähigkeit für hohe und tiefe Töne sicher auch mit der Grösse des Trommelfelles selbst zusammen. —

Nachdem die Luftwellen in Schwingungen des Trommelfelles umgesetzt worden sind, werden sie noch nicht direct als Reize für den Acusticus verwendet. Sie werden unter normalen Verhältnissen zuerst auf eine gegliederte Kette kleiner Knochen, die Gehörknöchelchen, übertragen, diese pflanzen sie auf eine andere dem Trommelfelle analoge Membran fort, die das ovale Fenster des Labyrinths verschliesst. Politzer hat die Mitschwingungen der Gehörknöchelchen mit dem Trommelfell sich selbst aufschreiben lassen. Durch diese Schwingungen wird das Labyrinthwasser, das durch das Hervorspannen der Membran des runden Fensters etwas ausweichen kann, in Wellenbewegung versetzt, erst diese bewegen die im Corti'schen Organe vorzüglich gelegenen Endorgane des Acusticus, deren Schwingungen erst den eigentlichen Nervenreiz abgeben.

Die complicirte Leitung der Trommelfellschwingungen durch die Gehörknöchelchen in der Paukenhöhle ist bei den Vögeln durch ein einfaches, säulenförmiges Knochenstückchen ersetzt. Die Gelenkverbindung der kleinen Knochen gewährt den Vortheil der Möglichkeit der Spannung des Trommelfelles, sowie der Membran des ovalen Fensters, da auch der Steigbügel, der mit seiner Fussplatte in dem ovalen Fenster befestigt ist, durch seinen eigenen vom Facialis innervirten Muskel (Stapedius) tiefer in dasselbe hineingedrückt oder weiter herausgehoben werden kann. Es ist klar, dass dadurch das runde Fenster entsprechend herausgewölbt und gespannt werden muss, sodass mit jedem stärkeren Eindrücken des Steigbügels in das ovale Fenster die Möglichkeit der Schwingung des Labyrinthwassers verringert, das Ohr also vorübergehend schwerhörig gemacht werden muss, ganz in analoger Weise wie wir dieses bei dem Trommelfell gesehen haben.

Wenn das äussere Ohr verstopft oder das Trommelfell und die Gehörknöchelchen zerstört sind, ist damit die Möglichkeit der Schallleitung im Ohre zu den percipirenden Acusticusenden nicht aufgehoben. Die Paukenhöhle steht noch durch die Tuba Eustachii mit der Atmosphäre in Verbindung, die Schallwellen können eindringen und es ist nicht ganz unwahrscheinlich, dass sie nur die Membran des runden Fensters in Schwingungen versetzen, sodass die Welle im Labyrinthe dann den umgekehrten Weg nehmen muss. Die Benützung der Tuba erklärt das Mundaufsperren Schwerhöriger, wenn sie auf Töne lauschen. Da die Tuba Eustachii den normalen Luftverkehr in der Paukenhöhle vermittelt, so ist es verständlich, dass ihr Verschluss Schwerhörigkeit hervorrufen muss, die durch Wiederwegsammachen der verstopften Röhre

geheilt zu werden vermag. Ausserdem kann die Schallwelle auch noch durch die Kopfknochen dem Labyrinthe zugeleitet werden „*Knochenleitung*.“ Wenn man durch einen Holzstab, den man zwischen die Schneidezähne genommen hat, Töne den Kopfknochen zuleitet, indem man z. B. eine schwingende Stimmgabel daran hält, so hört man den Ton im ganzen Kopf, auf beiden Ohren gleichstark. Der Ton wird lauter, wenn man das äussere Ohr, mit dem Finger z. B. schliesst (Weber). —

Ueber die Wellenbewegungen des Labyrinthwassers weiss man noch nichts Sicheres. Nur das scheint festzustehen, dass die Wellen *Beugungswellen* sind, da das Wasser bei jedem Stosse zurückweichen kann, indem es die elastische Membran des runden Fensters hervorwölbt (Ed. Weber). Diese Wellenbewegungen des Wassers sind es, die endlich in Bewegungen der Endorgane des Acusticus verwandelt werden, sie sind nun durch die mannichfache Uebertragung genug geschwächt, um als physiologische Nervenreize, die wirken, ohne den getroffenen Nerven zu schädigen, verwendet werden zu können. Die Function der *halbzirkelförmigen Canäle* hat Malinin zu deuten versucht. Die Zusammenordnung der Canäle ist derart, dass die gleichzeitig und gleichartig in beide Oeffnungen eines jeden Canales eintretenden Schallwellen sich in der Mitte begegnen müssen. Durch die Begegnung gleichartiger Schallwellen von ganz entgegengesetzter Richtung wird der Schall vollkommen vernichtet. Malinin glaubt, dass die Bestimmung der häutigen Bogengänge in der Aufnahme derjenigen Schallwellen besteht, welche bereits die Hörnerven gereizt und nun keine weitere Bestimmung mehr haben, die also *vernichtet* werden sollen. Er hält sie danach in gewissem Sinne für gleichwerthig mit dem dunklen Pigment im Auge.

Gehörsempfindungen.

Die mikroskopische Durchforschung des inneren Ohres hat uns in allen seinen Abschnitten Organe kennen gelehrt, welche durch Wellenbewegungen in Schwingungen versetzt werden können. In dem Vorhofe und den knöchernen halbkreisförmigen Canälen fanden wir die borstenförmigen Hörfäden, deren rhythmische Schwingungen leicht die angehefteten Nervenfasern zu erregen vermögen. Vielleicht wirken auch die Gehörsteinchen ähnlich. Auch in der Schnecke fanden wir Fäden, die in analoger Beziehung zu den Nerven stehen mögen wie im Vorhofe. Ausserdem lernten wir dort noch jene elastischen Stäbchen, etwa 3000 an Zahl (Kölliker), kennen, die unwillkürlich an die Tasten eines Pianoforte erinnern, welche dazu gemacht scheinen, jede für einen eigenen Ton abgestimmt, für die verschiedensten Töne eigene Aufnahmsorgane zu schaffen. Vielleicht vermitteln sie allein die Wahrnehmung von Tönen und Tonunterschieden, während die anderen Endorgane zur Wahrnehmung von Schall und Geräusch verwendet werden (Helmholtz).

Wohl bei keinem Sinne kommen so leicht Täuschungen vor über den Ort, an welchen die Ursache der empfundenen Reizung zu verlegen ist, als bei dem Ohre.

Im Allgemeinen sind wir gewöhnt alle Geräusche und Schalleindrücke, welche auf das Trommelfell treffen, nach aussen zu verlegen, während wir

geneigt sind die Eindrücke, welche durch die Knochenleitung den Gehörnerven treffen, als im Organismus selbst entstanden, aufzufassen. Dieses ist der Grund, warum unter den Hallucinationen die Gehörstäuschungen eine so hohe Stelle einnehmen.

Lässt man elektrische Ströme auf den Warzenfortsatz einwirken, so bemerkt man subjective Geräusche, welche vielleicht durch Reflexübertragung vom Trigeminus auf den Acusticus entstehen (Politzer).

Um die Richtung des Schalles zu bestimmen genügt ein Ohr kaum, obwohl man sich denken könnte, dass die mannichfaltigen Vorsprünge und Leisten der Ohrmuschel, welche unter verschiedenem Winkel der auffallenden Strahlen an verschiedenen Stellen getroffen werden müssen, uns darüber einigen Aufschluss geben könnten.

Gewöhnlich verwenden wir dazu beide Ohren, indem wir aus der verschiedenen Intensität der beiden Eindrücke in beiden Ohren den Schluss ziehen, dass der Schall in der Richtung auf das stärker erregte Ohr hin stattfinden müsse. In der Dunkelheit, wenn der Gehörsinn durch das Gesicht nicht unterstützt werden kann, ist ein Sehender, der sich das eine Ohr genau verstopft hat, nicht im Stande die Richtung des Schalles zu beurtheilen; er kann es erst dann, wenn er sich beider Ohren bedient.

Bei dem Lauschen bedienen wir uns nur eines Ohres allein; wir richten eine Ohrmuschel möglichst genau dem Orte des Schalles entgegen, wenn wir angestrengt, mit der Furcht den Schall zu verlieren, horchen.

Ueber die Entfernung des Schalles urtheilen wir nur aus seiner grösseren oder geringeren Intensität; so kommt es, dass wir in dieser Beurtheilung, wenn uns die Natur des Schalles unbekannt ist, in die mannichfaltigsten Täuschungen verfallen, der Umstand, auf welchem die Kunst des Bauchredners beruht, der uns nicht nur durch scheinbare Bewegungslosigkeit seines Mundes, sondern auch durch directe Gesticulationen, welche sich auf eine fingirte entferntere Ursache des Schalles beziehen, zu täuschen sucht.

Das Hören mit beiden Ohren scheint nicht die Eigenthümlichkeiten zu theilen, die wir aus den identischen Puncten in den Netzhäuten beider Augen haben hervorgehen sehen. Identische Puncte, welche durch ihre gleichzeitige Erregung nur einfachen Eindruck hervorbrächten, scheinen im Ohre nicht zu existiren. Zwei qualitativ gleiche Gehörseindrücke von verschiedener Intensität auf je ein Ohr einwirkend, werden als gesondert empfunden. Ja es zeigt sich sogar, dass unter Umständen die Empfindung, welche derselbe Ton auf das Gehörorgan hervorbringt, in beiden Ohren etwas in der Höhe verschieden ist, was nicht nur bei krankhaften Zuständen, sondern bei den meisten Personen im ganz normalen Verhalten ihres Ohres zu beobachten ist. —

In dem Gehörorgane selbst sind manchmal die Bedingungen zur Erregung des Acusticus gegeben, was zu den entotischen Gehörsempfindungen führt. Das knackende Geräusch bei der plötzlichen Spannung des Trommelfelles haben wir schon kennen gelernt. Jedem ist das Klopfen der Arterien im Ohr bei starkem Herzklopfen bekannt, das man auch hört, wenn man das Ohr gegen eine feste Unterlage anpresst, eine Gehörsempfindung, die von dem fernen Geräusche des Dreschens kaum unterschieden werden kann. Wenn der Gehörgang verstopft ist durch einen Ohrenschmalzpfropf oder noch besser

durch eine vorgehaltene oben geschlossene Röhre, so entstehen brausende Geräusche durch Schwingungen der Luft im äusseren Gehörgang, die noch durch Mangel an Ohrenschmalzabsonderung in demselben unterstützt werden sollen. Auch der Verschluss der Eustachi'schen Röhren kann Veranlassung zu solchen Geräuschen abgeben. Diese Erschütterungen der Luft rühren nach Harless von der Pulsation der Gefässe her.

Die Hauptursache der subjectiven Geräusche scheint rasch entstehender gesteigerter Druck im inneren Ohr zu sein, wodurch die Nervenenden gereizt werden. An chronische Druckänderungen gewöhnt sich der Hörnervenapparat nach und nach. Die subjectiven Pulsationen im Ohre entsprechen wahren Pulsationen des Trommelfelles durch veränderte Circulationsverhältnisse hervorgerufen (Politzer).

Ob es Erregungen der Centralorgane des Acusticus im Gehirne durch dort einwirkende Reize: Veränderung des Blutdruckes etc. giebt, ist noch nicht ganz sicher gestellt. Das bekannte Ohrenklingen, das die Empfindung eines sehr hohen Tones scheinbar ohne äussere Ursache ist, wird gewöhnlich hierher gezogen, doch ist es noch nicht sicher gestellt, dass nicht auch dieser Schall von äusseren, im Ohre selbst gelegenen Ursachen entsteht.

Abschnitt II.

Die Lehre von den Tonempfindungen nach Helmholtz.

Die Reize des Acusticus, die als Schwingungen der Luft auf das Trommelfell auftreffen, sind entweder periodisch oder nicht.

Die periodischen Schwingungen nennen wir: Klang, die unperiodischen Geräusch.

Zwischen den periodischen Luftschwingungen findet ein wesentlicher Unterschied insofern statt, dass einige einfach sind, wie die Bewegungen des Pendels, während andere sich aus solchen einfachen Schwingungen in mehr weniger complicirter Weise zusammengesetzt zeigen. Wir sind im Stande diese letzteren in ihre Componenten zu zerlegen, wir bekommen dann einfache Schwingungen, deren Schwingungsdauer 1, 2, 3 etc. mal kürzer ist als die der ganzen zusammengesetzten periodischen Bewegung.

In musikalischer Beziehung bezeichnet Helmholtz einfache pendelartige Schwingungen als Ton, jene zusammengesetzten Schwingungen als Klänge, die also als eine Summe von Einzeltönen aufgefasst werden können, deren Schwingungsdauer zu einander in dem oben erwähnten Verhältnisse stehen. Diese einfachen Töne, aus denen der Klang — die complexe Schwingung — zusammengesetzt ist, werden als Partialtöne oder Theiltöne des Klanges bezeichnet, der tiefste von ihnen als Grundton, die übrigen als Obertöne in Beziehung zum Grundtone, dessen Schwingungsdauer der Länge der ganzen Periode gleich ist. Es sei z. B. des Grundton C (wobei die periodische Bewegung in der Secunde 66mal in gleicher Weise sich wiederholt), so sind die Theiltöne:

C, c, g, c′, e′, g′, b′, c″
1 2 3 4 5 6 7 8 etc.

Diese Zusammensetzung der Klänge aus Theiltönen besteht nicht nur in der Theorie; mit Hülfe sogenannter Resonatoren war Helmholtz im Stande ihre objective Wirklichkeit zu erweisen. Diese Resonatoren sind musikalische Instrumente, welche nur für einen einfachen Ton abgestimmt sind. Die von Helmholtz verwendeten Resonatoren waren hohle Kugeln von Glas oder Metall mit zwei Oeffnungen, von denen die eine trichterförmige in das Ohr gesteckt werden kann. Wird irgendwie der Eigenton des Resonators angestimmt, so geräth er in Mitschwingungen. Verstopft man das eine Ohr, während man in dem anderen einen Resonator eingebracht hat, so werden alle Töne nur äusserst schwachvernommen, nur der Eigenton des Resonators ruft eine lebhafte Tonempfindung hervor. Durch eine grosse Anzahl derartiger Resonatoren war Helmholtz im Stande die Klänge auf wahrhaft analytischem Wege zu zerlegen in die einzelnen sie zusammensetzenden Theiltöne.

Es ist Jedermann geläufig, dass sich dieselben Klänge auf verschiedenen Instrumenten angegeben, wesentlich von einander durch ihre Klangfarbe unterscheiden. Auf dem angegebenen analytischen Wege kam Helmholtz zu der Erklärung dieser auffallenden Erscheinung. Die Klänge des Klavieres, der Geige, der menschlichen Stimme, des Blechinstrumentes etc. unterscheiden sich von einander durch die den Klang componirenden Theiltöne und ihre relative Stärke. Nicht immer ist der Grundton der stärkste, manche Obertöne fehlen oft ganz oder zeichnen sich durch auffallende Stärke oder Schwäche vor den übrigen aus. Je reicher ein Klang an Obertönen ist, desto brauchbarer ist er in musikalischer Beziehung, doch dürfen sie den Grundton nicht an Stärke überwiegen, der Klang erhält sonst den Charakter des leeren; er wird klimpernd, wenn die Obertöne sehr hoch sind.

Die Menschenstimme, die uns vor allem interessirt, hat schon Capitel XI. ihre Darstellung in der vorliegenden Beziehung gefunden.

Man könnte glauben, dass nicht nur die Obertöne, sondern auch Phasendifferenzen die Klangfarbe erzeugen könnten. Das Experiment weist diese Vermuthung zurück. So müssen wir also annehmen, dass unser Ohr im Stande ist die Klänge in ihre Theiltöne zu zerlegen und auf diese Weise — wie durch die Anwendung der Resonatoren — nicht nur ihre Anwesenheit, sondern auch ihre relative Stärke zu bestimmen. Erst das Centralorgan des Gehörsinnes vereinigt wieder die getrennten Empfindungen zu einer Mischempfindung. Wir haben hier also die gleichen Verhältnisse wie bei dem Farbensehen mit dem Auge. Auch dort mussten wir annehmen, dass auf der Netzhaut die Mischfarben, welche den Klängen entsprechen, in die Grundfarben zerlegt werden; auch dort wurde uns der Act der Mischungsempfindung erst in dem Centralorgane wahrscheinlich.

Helmholtz entwickelte diesen Satz zu einer der scharfsinnigsten Hypothesen, die uns die schönsten Fingerzeige auch für die Auffassung der übrigen gesammten Sinneswahrnehmungen giebt:

Im Ohre ist zur Auffassung jeder Tonhöhe ein besonderes Organ vorhanden, ein Resonator, welcher nur durch Töne von bestimmter Wellenlänge in Muskelschwingungen versetzt werden kann, und durch diese Schwingungen

die mit ihm in Verbindung stehenden Nervenfasern erregt. Wir haben schon oben erwähnt, dass als derartige Gebilde mit grosser Wahrscheinlichkeit die Fasern des Corti'schen Organes angesehen werden müssen. Jeder Ton von bestimmter Tonhöhe erregt nur eine specielle Corti'sche Faser zu Schwingungen, es wird also, da ja mit jeder Corti'schen Faser eine eigene Nervenfaser in Verbindung steht, durch jeden Ton nur eine bestimmte Nervenfaser erregt und damit dem Sensorium die Möglichkeit gegeben, jeden Ton als eine bestimmte von anderen ähnlichen unterscheidbare Empfindung aufzufassen. Durch Klänge, die ja wirkliche Mischungen von einfachen Tönen sind, werden alle diejenigen Corti'schen Fasern erregt werden, deren Eigenton den verschiedenen Theiltönen entspricht. Es entsteht dadurch eine Mischempfindung, aus der wir zwar durch besonders darauf gerichtete Aufmerksamkeit einzelne der Theiltöne gesondert wahrnehmen können, die aber gewöhnlich als ein Ganzes empfunden wird. Wir kennen aus vielfacher Erfahrung die Reichhaltigkeit der Tonmischung, welche den verschiedenen musikalischen Instrumenten, der Geige, der Flöte, der menschlichen Stimme entspricht und sind im Stande sie stets wieder zu erkennen.

Nach Kölliker besitzt die menschliche Schnecke etwa 3000 Corti'sche Fasern. Rechnet man davon 200 ab für in der Musik nicht brauchbare Töne, so bleiben für die in der Musik verwendeten 7 Octaven von C bis h^{IV} 2800 Fasern, also 400 für jede Octave, $33^1/_3$ für jeden halben Ton. Nach E. H. Weber können geübte Musiker noch $^1/_{64}$ eines halben Tones unterscheiden. Wir müssen zur Erklärung dieses feinsten Unterscheidungsvermögens annehmen, dass, wenn ein Ton mit keiner der vorhandenen Fasern genau übereinstimmt, er zwei benachbarte, die ihm in ihrem Eigenton am ähnlichsten sind, erregen wird, diejenige natürlich stärker, deren Eigenton ihm am ähnlichsten ist. Es ist zu verstehen, wie ein geübtes Ohr diese Art der Doppelerregung von einer gewöhnlichen einfachen noch zu unterscheiden vermag. So verstehen wir auch, wie eine continuirliche Veränderung der Tonhöhe auch eine continuirliche Veränderung der Empfindung hervorrufen kann. —

Von den bisher besprochenen Klängen, die als einfache Summen von Obertönen aufzufassen sind, müssen die Combinationstöne wohl unterschieden werden. Es kommen bekanntlich unter Umständen — wenn die durch zwei gleichzeitig vorhandene Töne gesetzten Dichtigkeitsveränderungen der Luft nicht sehr klein sind — in der Luft selbst schon zusammengesetzte Bewegungen zu Stande, die als neue Töne wahrgenommen werden. Es summiren sich dann die Schwingungszahlen der sich vereinigenden Töne, sodass der Combinationston dann in der gleichen Zeit soviel Schwingungen besitzt, als die Summe oder Differenz der Schwingungszahlen der Grundtöne beträgt. Nicht nur die Grundtöne, sondern auch Obertöne können zu solchen Combinationstönen verschmelzen.

Auf der Kenntniss dieser Verhältnisse beruht ein Haupttheil der Kunst, welche sich damit beschäftigt, uns die Töne, auf gewisse Art mit einander verbunden, auf gewisse Art sich folgend, zu einer reichhaltigen Quelle angenehmer Empfindungen zu machen. Sie muss es vermeiden, jene Arten der Tonverbindung herzustellen, die, wie wir aus Erfahrung wissen, unangenehme Empfindungen hervorrufen. Es ist klar, dass, um dieses Postulat

zu erfüllen, vor allem die Töne ausgeschlossen werden müssen, welche schon an sich eine unangenehme Empfindung hervorrufen, sehr tiefe, vor allem aber sehr hohe Töne zerreissen uns die Ohren, besonders wenn sie noch mit einer beträchtlichen Intensität angegeben werden.

Zeichnen wir uns einen Ton als eine regelmässige Wellenlinie auf, so lässt sich leicht anschaulich machen, wenn wir eine vollkommen gleiche Wellenlinie so in die erste hereinzeichnen, dass die zweite gerade um eine halbe Wellenlänge später beginnt als die erste, wie bei Tönen, welche in genauem Einklang stehen, Ruhe eintreten kann, wenn sie gerade um eine halbe Wellenlänge sich unterscheiden. Bei Tönen, welche in der Höhe etwas verschieden sind, deren Wellen sich also nicht genau decken, entsteht unter den angegebenen Umständen nicht Ruhe, sondern nur periodische Schwankungen der Tonstärke, sogenannte Schwebungen. Nur wenn diese Schwebungen selten erfolgen, lassen sie sich noch als einzelne »Schläge« empfinden, wenn sich dieselben so rasch folgen, dass sich die Einzeleindrücke verwischen, wird die Klangmasse wild und rauh und macht auf das Gehör den unangenehmen, stossenden Eindruck der Dissonanz, die Helmholtz passend mit dem unangenehmen Eindruck des Flackerns eines Lichtes vergleicht. Am stärksten ist der unangenehme Eindruck der Dissonanz, wenn sich in der Secunde die Schwebungen 33mal wiederholen, erfolgen sie öfter, so nimmt, ohne dass der Charakter der Empfindung geändert wird, die Unannehmlichkeit derselben ab. Auch Obertöne und Combinationstöne können natürlich Veranlassung zu Schwebungen und damit zur Dissonanz geben. Es tritt aber unter allen Umständen der Eindruck der Dissonanz nur dann ein, wenn das Intervall der beiden schwebenden Töne nicht zu gross ist, weil sonst zwei Corti'sche Fasern erregt werden würden, deren gemeinschaftlicher Erregungszustand sich nicht stört.

Durch die Consonanz oder Dissonanz der Obertöne unterscheiden sich die Intervalle der musikalischen Tonleiter wesentlich von einander. Bei der Octave z. B. fallen alle Obertöne beider Grundtöne zusammen, sodass keine Schwebungen entstehen können, die sich aber bei der geringsten Unreinheit der Instrumentalstimmung sogleich ergeben. Andere Intervalle werden auch bei vollkommen reiner Stimmung aus dem entgegengesetzten Grunde leicht rauh, so z. B. die grosse Septime und die kleine Secunde, bei denen die Obertöne nur um einen Halbton auseinander stehen. Man kann danach die Intervalle in 5 Abtheilungen eintheilen:

1) Absolute Consonanzen — alle Obertöne fallen zusammen —:
Octave,
Duodecime,
Doppeloctave.

2) Vollkommene Consonanzen — die nicht zusammenfallenden Obertöne kommen einander nicht so nahe zu liegen, dass sie bedeutende Rauhigkeiten geben könnten —:
Quinte,
Quarte.

3) Mittlere Consonanzen — in tieferen Lagen merklich rauh —:
grosse Septe,
grosse Terz.

4) Unvollkommene Consonanzen:
kleine Septe,
kleine Terz.

5) Dissonanzen, die selbstverständlich wieder eine Eintheilung nach verschiedenen Graden der Rauhigkeit erlauben. —

Die Accorde entstehen dadurch, dass drei Töne zusammen kommen. Er kann natürlich nur dann consonant sein, wenn seine Intervalle consonant sind.

Bei den Mollaccorden geben die Combinationstöne theils dem Accorde fremde Töne, theils kommen sie einander und den primären so nahe, dass Dissonanzen entstehen, die nur wegen der Schwäche der Combinationstöne den Accord selbst nicht merklich stören, ihn aber doch etwas unklar erscheinen lassen, worauf es beruht, dass die Mollaccorde so geeignet sind, unklare, trübe Gemüthsstimmungen zum musikalischen Ausdruck zu bringen.

Die Melodie, eine Bewegung der Töne in der Zeit, setzt ausser dem Tacte noch eine feste Tonleiter voraus, welche auf der Verwandtschaft der Klänge unter einander beruht.

Bei den Octaven ist die Verwandtschaft vollkommen, die Partialtöne sind gleich, es kommen keine neuen hinzu; so kommt es, dass man die ganze Tonmasse zuerst in eine Reihe von Octaven eintheilt. Bei den anderen Klängen kommt stufenweise Neues hinzu, was die Verwandtschaft dann mehr weniger verdeckt. —

Die hohe Ausbildung des Gehörorganes, welche eine Auffassung der Reizverschiedenheit in den neben einander liegenden Acusticusendorganen, den Corti'schen Fasern nach der Helmholtz'schen Hypothese voraussetzt, ist eine Folge der fortgesetzten Erziehung gerade so, wie wir diese Erziehung auch bei dem Tastorgane kennen gelernt haben.

Bei dem Neugebornen ist das Gehörvermögen noch sehr wenig entwickelt, das stärkste Geräusch scheint keinen besonderen Eindruck auf das neugeborene Kind zu machen. Nach einiger Zeit scheint es die hohen Töne zu vernehmen, wenigstens wählen die Wärterinnen solche, um seine Aufmerksamkeit zu erregen. Es spricht Alles für eine geringe Empfindlichkeit des Hörnerven noch bei dem grösseren Kinde, es sind die höchsten und stärksten Töne, die es vor allem liebt, starke, Erwachsenen unangenehme Geräusche machen ihm angenehme Eindrücke.

Im Alter stumpft sich die Sensibilität des Gehörnerven mit den übrigen Nervenfunctionen wieder mehr weniger ab, sodass Greise meist etwas schwerhörig sind.

Neunundzwanzigstes Capitel.

Geruchsinn und Geschmacksinn.

Abschnitt I.

Der Geruchsinn.

Das Geruchsorgan.

Die beiden Sinnesorgane, welche uns noch zu betrachten obliegt, haben insofern einige Aehnlichkeit, dass sie beide durch chemische Agentien in normaler Weise erregt werden. Wie ähnlich sich die beiden Sinnesorganen eigenthümlichen Sinneswahrnehmungen sind, geht schon aus der Schwierigkeit hervor, sie genügend scharf zu trennen, sodass wir sehen werden, dass eine Reihe von Empfindungen, die wir dem einen der beiden Sinnesorgane zuschreiben, in Wahrheit Mischempfindungen durch die gleichzeitige Erregung beider sind.

Die specifische Sinnesthätigkeit, welche wir als Riechen bezeichnen, wird durch die Endorgane des Olfactorius erregt, welche ihren Bewegungszustand, der in ganz unbekannter Weise durch bestimmte gasförmige Stoffe (flüssige Stoffe, welche stark riechen, wenn sie verdunsten, direct in die Nasenhöhle gefüllt, erregen dadurch die Geruchsnerven nicht) hervorgerufen wird, auf die Olfactoriusfasern und von da auf die Centralorgane des Geruchsinnes im Gehirne übertragen. Die Erregung dieses letzteren erweckt im Sensorium die Vorstellung einer Geruchsempfindung, deren Quelle stets nach aussen verlegt wird.

Das Geruchsorgan, die Nase, setzt sich aus zwei von Knochen und Knorpeln hergestellten Nasenhöhlen zusammen, welche von einer Schleimhaut ausgekleidet werden. An diese schliessen sich noch die bekannten Nebenhöhlen des Geruchsorganes an.

Nur die obersten Theile der eigentlichen Nasenhöhlen aber, an denen sich der Olfactorius allein verbreitet, stehen in wirklicher Beziehung zur Erzeugung der Geruchsempfindungen. Die übrigen Theile der Nase sind als Anhänge und Thore der Respirationsorgane zu betrachten.

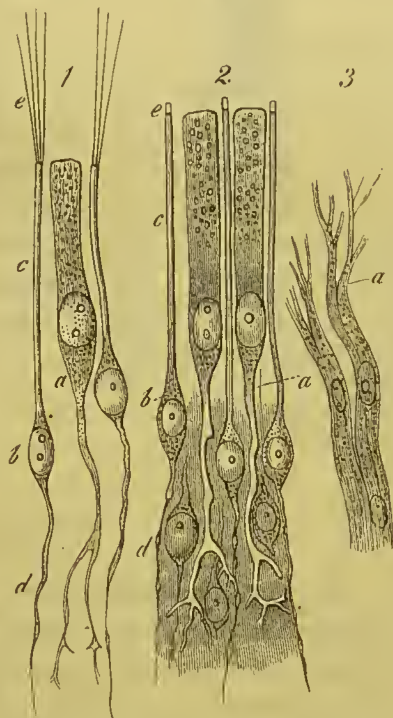
Die äussere Haut der Nase, welche sich durch geringe Entwickelung des Papillarkörpers auszeichnet, sowie durch eine sehr feine Epidermis, setzt sich

noch etwas in die Nasenhöhlen hinein fort, und geht dort allmählich in die eigentliche Schleimhaut der Nase über. Der grösste Theil der verschiedenen inneren Nasenhöhlen wird von einer flimmernden Schleimhaut ausgekleidet, nur der Theil, an welchem sich die Fasern des Olfactorius verbreiten: die eigentliche Geruchsschleimhaut trägt ein nicht flimmerndes Epithel.

Der flimmernde Theil der Schleimhaut ist durch eine grosse Anzahl traubenförmiger Schleimdrüsen ausgezeichnet, sowie durch eine reichliche Menge von Venen, welche namentlich am Rande und dem hinteren Ende der unteren Muschel fast cavernöse Venennetze bilden (Kölliker). In den Nebenhöhlen der Nase fehlen die Schleimdrüsen dagegen fast gänzlich.

Die eigentliche Riechschleimhaut, welche besonders durch M. Schultze erforscht worden ist, überkleidet nur den oberen Theil der Nasenscheidewand und die beiden oberen Nasenmuscheln. Die Färbung, welche gelblich ist, unterscheidet sie schon für das unbewaffnete Auge von dem flimmernden, von durchschimmerndem Blut mehr röthlich gefärbten Theile der Nasenschleimhaut. Das Epithel ist an diesen Stellen sehr dick aber doch ungemein zart und weich und besteht aus einer Schichte langgestreckter Cylinderepithelzellen, welche fadenförmige Ausläufer nach abwärts senden, die an der Schleimhautoberfläche meist gabelförmig gespalten, öfters mit Ausläufern von Nachbarzellen sich vereinigend endigen. Diese Zellen enthalten längliche Kerne, eingebettet in einen körnigen Inhalt, in dem man gelbe oder braunrothe Farbkörnchen eingestreut findet, die der ganzen Haut ihre eigenthümliche Farbe verleihen.

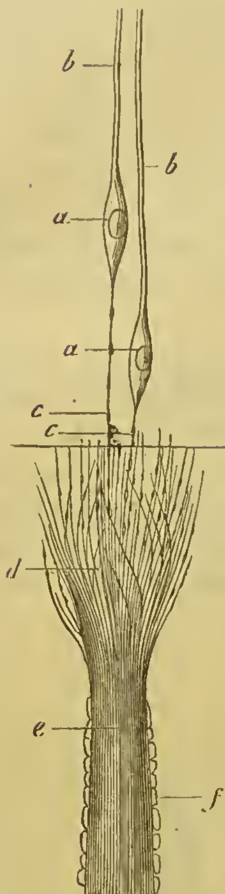
Fig. 184. (*F.*)



1. Zellen der Regio olfactoria vom Frosche. *a* Eine Epithelialzelle, nach unten in einen ramificirten Fortsatz ausgehend; *b* Riechzellen mit dem absteigenden Faden *d*, dem peripherischen Stäbchen *c* und den langen Flimmerhaaren *e*. 2 Zellen aus der gleichen Gegend vom Menschen. Die Bezeichnung dieselbe; nur kommen auf den Stiftchen (als Artefacte) kurze Aufsätze *e* vor. 3 Nervenfasern des Olfactorius vom Hunde; bei *a* in feinere Fibrillen zerfallend.

Zwischen diesen Epithelzellen finden sich die von M. Schultze entdeckten Riechzellen; die Endorgane des Olfactorius. Auch diese Endorgane erinnern unverkennbar an die Zapfen der Retina. Es sind langgestreckte, spindelförmige Zellen mit rundem hellen Kern und Kernkörperchen ohne farbigen Inhalt (Fig. 184). Jede solche Zelle besitzt zwei Ausläufer, von denen der eine etwas dickere zwischen den Epithelzellen nach aufwärts steigt und mit einem abgestutzten Ende an der Oberfläche der Epithelschichte also frei endigt. Der zweite Fortsatz ist sehr fein, geht nach abwärts gegen die Schleimhaut und zeigt leichte varicöse Anschwellungen, wie sie an den feinsten Nervenfäserchen so oft beobachtet werden. Sie werden als die feinsten Fasern des Olfactorius gedeutet, welche also durch die beschriebenen Riechzellen direct an der Körperoberfläche zugänglich für gasförmige Reizstoffe endigen.

Fig. 185. (F.)



Wahrscheinliche Endigung des Olfactorius beim Hechte (nach SCHULTZE). *a* Riechzellen; *b* Stäbchen; *c* unterer varicöser Faden; *e* Axenfibrillen in der Scheide *f*; *d* Ausbreitung jener; bei — fehlende Verbindung mit den gleichen Fibrillen *c*.

Im Tractus opticus besitzt der Olfactorius dunkelrandige Nervenfasern; im Bulbus finden sich neben diesen auch viele Nervenzellen. Die Fasern des Olfactorius: die Nervi olfactorii unterscheiden sich dagegen auch in ihren Hauptstämmchen schon wesentlich von den übrigen Nerven. Die Röhrchen, aus denen sie bestehen, sind blass, mit Kernen versehen, körnig, plattgedrückt. M. SCHULTZE hält diese Nervenfasern noch weiter aus feinsten Fäserchen zusammengesetzt, welche von einer zarten Scheide zusammengehalten werden. Gegen die Endäste gehen die breiteren Fasern nach und nach in feinere Fasern über; nach M. SCHULTZE spaltet sich schliesslich jede Olfactoriusfaser in ein Bündel feinster, varicöser, blasser Fäserchen, welche die Schleimhaut durchbohren und jedes sich mit einer Riechzelle verbinden (Fig. 185).

Bei dem Menschen finden sich in der Riechschleimhaut noch einfache Schleimdrüsen, deren Secret die Oberfläche stets feucht und dadurch geeignet für Geruchseindrücke erhält.

Die übrigen Theile der inneren Nase werden von den Aesten des Quintus (Ethmoidalis, Nasales posteriores, Ast des Dentalis anterior major) versehen. Sie senden ihre dunkelrandigen Fasern, die sich dadurch scharf von den blassen Olfactoriusfasern unterscheiden, auch in die eigentliche Riechhaut hinein (KÖLLIKER, M. SCHULTZE).

Die Geruchsempfindungen.

Die Geruchsempfindungen besitzen keine definirbaren Qualitäten. Wir unterscheiden sie sehr scharf nach den einzelnen Stoffen, durch welche sie hervorgerufen werden, nach denen wir sie auch bezeichnen. Eine Reihe von Empfindungen, welche durch die Schleimhaut der Nase vermittelt werden, die man gewöhnlich auch zu den Geruchsempfindungen rechnet: der stechende Geruch z. B. sind reine Gemeingefühlsempfindungen, die mit der specifischen Energie des Olfactorius Nichts gemein haben. Wir empfinden das stechende Gefühl z. B. des Ammoniak oder der Essigsäure durch die betreffenden Stoffe gerade so gut an der Bindehaut des Auges als an der Nasenschleimhaut.

Als Grundlage der Geruchsempfindung ist natürlich ein vollkommen normales Verhalten der Endorgane des Olfactorius nöthig. Jedermann kennt die Störung der Geruchsempfindungen durch leichte katarrhalische Endzündungen

der Nasenschleimhaut. Weber hat gefunden, dass das Riechvermögen vollkommen aufgehoben werden kann für einige Minuten, wenn wir (auf dem Rücken liegend) unsere Nasenhöhlen mit Wasser füllen. Es ist einleuchtend, wie leicht eine Schwellung der Epithelzellen der Riechschleimhaut störend auf die Communication der riechbaren Substanzen mit den Endigungen der Riechzellen wirken könne.

Die Geruchsempfindungen kommen nur dann zu Stande, wenn die riechenden, gasartigen Stoffe in einem Luftstrom mehr weniger rasch in die Nase eingezogen werden (Spüren der Jagdhunde etc.). Stagnirt eine riechende Luft in den Nasenhöhlen, so haben wir keine Geruchsempfindung, ebenso wenig wenn der Luftstrom von der Mundhöhle in die Nase steigt.

Worauf diese merkwürdige Eigenthümlichkeit beruht, von der wir Anwendung machen, wenn wir in einer übelriechenden Luftschichte nur durch den Mund athmen ohne die Nase zu schliessen, wobei wir dann trotzdem, dass die Nase mit dem riechenden Gase gefüllt ist, keine Geruchsempfindung haben — ist durchaus unerklärt. Es bricht sich bei dem raschen Einziehen der Luft durch die Nase die Luft an der unteren Nasenmuschel und steigt wenigstens theilweise in die oberen Regionen der Nasenhöhlen hinauf. Das Fehlen der unteren Nasenmuschel soll die Geruchswahrnehmungen sehr bedeutend beeinträchtigen, ja sogar aufheben.

Die Intensität der Geruchsempfindungen, welche durch verschiedene Stoffe hervorgerufen werden, ist ausserordentlich verschieden. Es steigt die Intensität der Empfindung bei demselben Stoffe, wie sich voraussehen lässt, mit der Menge desselben, die in der in die Nase gezogenen Luft enthalten ist. Nach den Untersuchungen von Valentin riecht eine Luft noch nach Brom, welche in 1 Cubikcentimeter noch $^1/_{30000}$ Mgrmm. Brom enthält. Für Moschus nimmt er als Grenze die Wahrnehmung an, wenn der Nase noch weniger als $^1/_{2000000}$ Mgrmm. eines weingeistigen Moschusextractes dargeboten wird.

Mit der längeren Dauer des Geruchseindruckes ermüdet die Riechschleimhaut nach und nach; wenn wir uns einige Zeit in einer riechenden Luft aufhalten, verschwindet endlich die Geruchswahrnehmung für den beständigen Geruch, ohne dass dadurch die Fähigkeit für andere Gerüche abnimmt. Es erinnert uns diese Beobachtung daran, dass die Physiologie in Zukunft auch für die verschiedenen Qualitäten der Riechstoffe eigene Endorgane wird annehmen müssen, wie wir das bei den bisherigen Sinnesapparaten schon für die normalen Reize höchst wahrscheinlich gefunden haben. Im Alter atrophirt der Geruchsnerve mehr und mehr und die Feinheit des Sinnes nimmt dadurch ab. Bei vielen Greisen fehlt das Geruchsvermögen gänzlich (J. L. Prevost).

Es werden in manchen krankhaften Fällen hie und da subjective Gerüche empfunden. Sehr häufig beruhen diese Beobachtungen sicher auf Täuschungen durch krankhaft gesteigerte Empfindlichkeit des Geruchsorganes, welches objectiv vorhandene aber sehr schwache Gerüche noch wahrnimmt. Es werden dagegen auch Fälle berichtet, wo die subjective Geruchsempfindung ihre Ursache in einer directen Reizung des Gehirnes zu haben scheint. Bei einem Manne, der immer einen üblen Geruch empfunden hatte, fanden Cullerier und Maignault, wie J. Müller berichtet, eine Eiterung in der Mitte der Hemi-

sphären des Gehirnes. Dubois hatte einen Mann gekannt, der nach einem Fall vom Pferde mehrere Jahre bis zu seinem Tode einen üblen Geruch zu riechen glaubte (J. Müller). —

Die Bezeichnung der Gerüche als angenehm oder unangenehm beruht zum Theil auf Vorstellungen, die sich an die Geruchsempfindung anschliessen. Diese Vorstellungen wechseln schon mit den physiologischen Körperzuständen; dem Hungrigen duftet eine Speise äusserst angenehm in die Nase; gesättigt erregt ihm derselbe Geruch Widerwillen. Der Geruchsinn ist die Quelle einer grossen Menge angenehmer Empfindungen, welche nicht ohne merklichen Einfluss auf unser geistiges Befinden bleiben. Es ist bekannt wie ungemein verschieden sich hierin verschiedene Individuen zeigen, sodass die Bezeichnung von angenehmen und unangenehmen Gerüchen fast für jedes Einzelindividuum wechselnd ist.

Abschnitt II.

Der Geschmacksinn.

Schmecken.

Gewisse Substanzen, welche das Gemeinsame haben, dass sie sich in Wasser und in den Flüssigkeiten der Mundhöhle auflösen können, erregen die der Wissenschaft noch unbekannten Endorgane des Geschmacksnerven, als welcher vor allem der Glossopharyngeus fungirt. Die Geschmacksempfindungen sind in ihren Qualitäten etwas besser einzutheilen als die Geruchsempfindungen. Es giebt eine Reihe von Qualitäten, welche wir den schmeckbaren Substanzen zuschreiben, die von allen Menschen gleichmässig erkannt werden, was bekanntlich bei den Geruchsempfindungsqualitäten nur mit grosser Ausnahme gilt. Man wird allgemein verstanden, wenn man von süssem, saurem, bitterem, (alkalischen?) Geschmack spricht, obwohl diese Qualitäten der Empfindung ebenso wenig definirbar sind wie die des Lichtes: blau, roth, gelb.

Die meisten schmeckenden Substanzen haben keinen einfachen Geschmack, es sind Mischempfindungen der verschiedenen Qualitäten, die wir aber in diesem Falle viel schärfer zu trennen vermögen als es bei den Mischempfindungen der übrigen Sinnesorgane der Fall war. Wir schmecken deutlich die verschiedenen Qualitäten, aus denen sich der gemischte Geschmack zusammensetzt, heraus, sodass es in diesem Falle keinen Augenblick zweifelhaft sein kann, dass wir es hier mit gleichzeitiger Erregung verschiedener Endorgane zu thun haben, die sich erst im Centralorgan des Geschmacksinnes mischt. Wie haben das Gleiche bei den Sinneswahrnehmungen mit Hülfe des Auges und Ohres als ungemein wahrscheinlich gefunden.

Die gleichzeitigen Empfindungen im Geschmacksinn lassen eine so scharfe Erkennung und Trennung zu, dass wir mit der Zunge eine oft genauere chemische Analyse von Flüssigkeiten machen können als nach den gewöhnlichen Methoden der Chemie, welche meist wägbare Mengen der zu findenden Stoffe

voraussetzt. Das »K o s t e n« der Apotheker, Wein- und Bierkenner ist bekannt, ebenso die Genauigkeit des Resultates, wenn das Organ genügend geübt ist.

Ein Theil der Empfindungen, welche gleichzeitig mit Geschmacksempfindungen entstehen, sind keine Geschmäcke, sondern theils Geruchs-, theils Tast- und Gemeingefühlsempfindungen. Der s t e c h e n d e oder z u s a m m e n z i e h e n d e Geschmack gehört der letzteren Art an, die a r o m a t i s c h e Geschmacksempfindung ist dem Wesen nach eine Geruchsempfindung, welche sofort verschwindet, wenn man die Eingänge zur Nase verstopft. Manche sogenannte, scheinbar intensive Geschmacksempfindungen setzen sich nur aus Tastempfindungen auf der Zunge und Geruchsempfindungen zusammen.

Das Geschmacksorgan.

Die tägliche Erfahrung lehrt uns, dass die Mundhöhle der Sitz des Geschmacksorganes ist; auffallender Weise ist noch nicht entschieden, welche Stellen der Mundhöhle die eigentlich geschmackempfindenden Endorgane tragen, die populäre Anschauung spricht für die Z u n g e und zwar in ihrer ganzen Ausdehnung; nach Experimentaluntersuchungen, welche freilich alle an dem Fehler leiden, dass die auf eine Stelle der Mundschleimhaut angebrachten schmeckbaren Substanzen leicht sich an jede andere Stelle in der Mundflüssigkeit verbreiten können, wird von einigen Autoren nur der Zungenrücken (Bidder), von anderen auch die Zungenspitze, die Zungenränder, der weiche Gaumen, ja sogar der harte Gaumen angegeben.

In neuester Zeit hat E. Neumann in sinnreicher Weise die elektrische Geschmackserregung durch den constanten Strom zur Prüfung der Mundtheile auf die Geschmacksfunctionen verwerthet. Legt man die zwei Elektroden sehr nahe aneinander, so wiegt stets der saure Geschmack vor. Man kann dadurch die Geschmacksempfindung ganz scharf localisiren. Er fand, dass die Zungenspitze, Zungenränder und die Oberfläche der Zungenwurzel bis zu den Papillae circumvallatae mit Geschmack begabt sind (Klaatsch, Stich, Schirmer, Drielsma), dagegen zeigte sich als geschmacklos der vordere Theil der oberen Zungenfläche, die ganze untere Fläche und das Frenulum. Der schmeckende Rand beträgt mehrere Linien und greift weiter auf die Ober- als Unterfläche der Zunge über. Schwächere Geschmacksempfindungen vermittelt auch die Vorderfläche des weichen Gaumens, mit Ausnahme der Uvula, etwas stärker der Arcus glossopalatinus.

Die S c h l e i m h a u t d e r M u n d h ö h l e, welche an den Lippen direct mit der äusseren Haut zusammenhängt, ist ziemlich dick und durch reichliche Gefässverzweigungen stark geröthet. Sie trägt eine ziemliche Anzahl von Papillen, die mit denen der äusseren Haut übereinstimmen von kegel- oder fadenförmiger Gestalt, in denen sich Gefässschlingen finden wie in den Coriumpapillen. In der Mucosa bilden die N e r v e n ein weitmaschiges Netz von feinen und feinsten Aestchen, welche an manchen Stellen Nervenfasertheilungen zeigen. Nur in grossen Papillen konnte man bisher die Nerven verfolgen ohne ihre Endigungsweise zu erkennen. An den Lippen finden sich in den Papillen jene schon beschriebenen Tastorgane: Endkolben (Fig. 186). Das

Epithel ist ein geschichtetes Pflasterepithel, dessen äusserste, platte, eckige Zellenblättchen aus runden, auf der Schleimhaut aufliegenden Zellen entstehen ganz analog der Epidermis der Oberhaut. Die beständig auf das Epithel einwirkenden äusseren Einflüsse bewirken eine beständige Abstossung der obersten Epithelschichten mit einer entsprechenden regelmässigen Neubildung der Zellen. So sind also die Zellen, wenn sie schon eine dicke Lage bilden, doch schon ihrer Jugend wegen noch weich und durchdringlich, sodass gelöste Substanzen leicht eindringen, die Nerven erregen und von den Blutgefässen und Lymphgefässen aufgesaugt werden können.

Fig. 186. (*K.*)



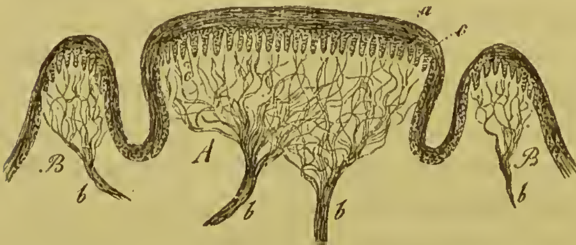
Zwei Lippenpapillen des Menschen mit Essigsäure behandelt, die eine mit 1, die andere mit 2 KRAUSE'schen Körperchen. In einer Papille zwei Capillarschlingen, in der anderen die Gefässe nicht sichtbar. Vergr. 350.

Der Reichthum an Nerven ist an den verschiedenen Stellen verschieden; besonders zeichnet sich das Zahnfleisch durch Mangel an Nerven aus, auf dem seine relative Unempfindlichkeit beruht.

Die Zungenschleimhaut weicht auf der oberen Fläche der Zunge ziemlich bedeutend ab von der übrigen Schleimhaut des Mundes. Sie ist einestheils sehr fest mit dem unterliegenden Muskelfleische verbunden, andererseits trägt sie eine enorme Anzahl eigenthümlich gestalteter Hervorragungen, die als Zungenwärzchen oder Zungenpapillen bekannt sind.

Auf dem Zungenrücken stehen die 6—12 Wallwärzchen, die Papillae circumvallatae, welche jede aus einer pilzförmig gestalteten gestielten, grossen Papille bestehen, umgeben von einem niedrigen, sie kreisförmig umschliessensenden Walle (Fig. 187). Die Wallwärzchen bilden auf dem Zungenrücken eine Vförmige Figur, indem sie von dem Rande her in einer Linie sich der Mitte des Zungenrückens von vorn nach hinten verlaufend nähern. Die übrigen Papillen der Zunge, die vor den Wallwärzchen stehen, sind ebenfalls ziemlich regelmässig in Reihen angeordnet, die im Allgemeinen der Wallwärzchenreihe gleich verlaufen. An den Zungenrändern werden die Papillen zu blattartig gezackten Falten; auf der Zungenoberfläche unterscheidet man ausser den genannten Wallwärzchen noch zwei weitere Arten von Wärzchen: die fadenförmigen und die pilzförmigen: Papillae filiformes und fungiformes. Die letzteren stehen zerstreut auf der ganzen Zungenoberfläche, besonders häufig an der Zungenspitze. Ihre Gestalt wird durch ihren Namen anschaulich gemacht, sie ähneln einem Nagel mit dickem Kopfe. Die fadenförmigen Papillen (Fig. 188) füllen die Zwischenräume zwischen den übrigen Wärzchen aus und

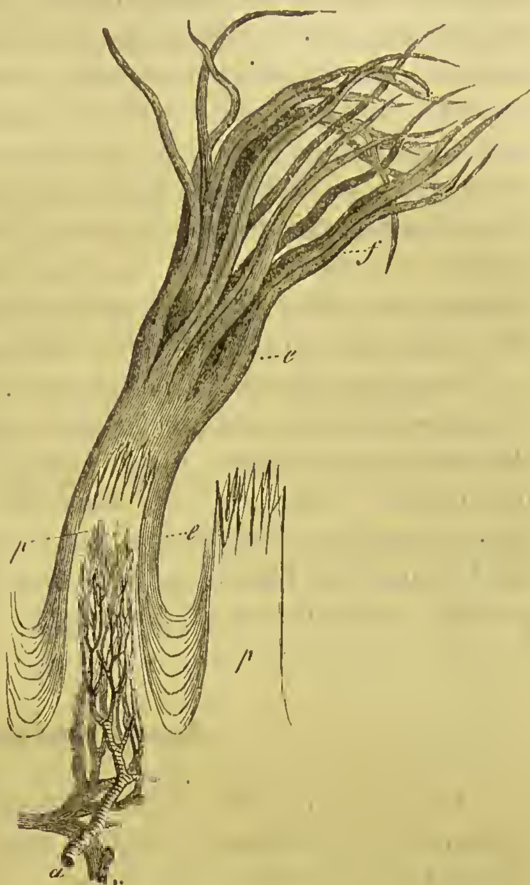
Fig. 187. (*K.*)



Pap. circumvallata des Menschen im Durchschnitt. *A.* Eigentliche Papille. *B.* Wall, *a.* Epithel, *c.* secundäre Papillen, *bb.* Nerven der Papillen und des Walles, etwa 10mal vergr.

stehen sehr dicht neben einander, sie tragen pinselförmig auslaufende Enden. Gegen die Zungenränder zu werden sie spärlicher, kürzer und glatter, sodass sie sich den pilzförmigen Warzen in dem Aussehen annähern. Das unbewaffnete Auge sieht die fadenförmigen Wärzchen weisslich, während die beiden anderen Papillenarten röthlich erscheinen. Die fadenförmigen Papillen bestehen aus einem kegelförmigen Schleimhautwärzchen, welche meist nur an ihrem oberen Ende noch mit feinen Wärzchen besetzt sind. Diese tragen jede fadenförmige, verhornte Epithelfortsätze, welche in ihrem Baue einige Aehnlichkeit mit den Haaren zeigen. Die pilzförmigen Papillen sind auf ihrer ganzen Oberfläche mit feinen Wärzchen besetzt, welche ihnen bei ihrer keulenförmigen Gestalt eine Aehnlichkeit mit Morgensternen ertheilen. Sie sind von einem weichen Epithellager überzogen. Die Wallpapillen sind ganz ähnlich wie die letztbesprochenen gebildet. Sie tragen aber nur auf der platten Oberfläche Wärzchen mit ebenfalls zartem Epithel. Der Wall ist eine Schleimhauterhebung, auch mit feinen Wärzchen besetzt.

Fig. 188. (*K.*)



Zwei Papillae filiformes des Menschen, die eine mit Epithel, 35mal vergr. Nach Todd-Bowman. *p.* Papillen selbst, *v. a.* Arterielles und venöses Gefäss der einen Papille sammt den Capillarschlingen, die aber in die secundären Papillen eingehen sollten, *e.* Epithelialbekleidung, *f.* Fortsätze derselben.

Die Verbreitung der Blutgefässe in den Papillen ist der in den Hautpapillen bekannten ganz ähnlich, zu jeder der feinen den grösseren Papillen aufgesetzten Wärzchen erhebt sich eine Capillarschlinge.

Bei dem Menschen und den Säugethieren ist es bisher noch nicht gelungen, die Endigungen der Geschmacksnerven zu beobachten. Aeltere Autoren lassen sie frei in den feinen Wärzchen endigen. Die Untersuchungen von M. Schultze und Axel Key haben uns hingegen wenigstens für die Froschzunge die Beweise geliefert, dass dort die Nerven in den Papillen in ganz ähnlichen Gebilden endigen, wie wir sie als Endorgane anderer Sinnesnerven schon mehrmals gefunden haben. Das Epithel der Papillae fungiformes des Frosches (welches nicht flimmert) besteht aus kegelförmigen Epithelzellen, welche nach der Schleimhaut zu fadenförmige, verästelte Ausläufer senden. Zwischen diesen liegen die Geschmackszellen, die in ihrer Gestalt an die Zapfen der Retina erinnern und fast ganz mit den Riechzellen übereinstimmen, sie besitzen auch zwei Ausläufer nach aufwärts und abwärts, der letztere weist sich als feinstes Nervenfäserchen aus.

Nur die Wallwärzchen und pilzförmigen Papillen scheinen bei dem Menschen für Geschmackswahrnehmungen günstig gebaut, da nur sie ein zartes Epithel besitzen. Das hornige, dicke Epithel der fadenförmigen Papillen macht sie sicher unfähig zu Geschmackswerkzeugen, ja auch Tastempfindungen scheinen sie aus dem gleichen Grunde nur wenig vermitteln zu können. In den beiden anderen Arten von Papillen ist die Empfindung von Geschmäcken und eine scharfe Gemeingefühlsempfindung, Tasten, Temperaturempfindung vereinigt. Die Tastempfindung ist an der Zungenspitze, wo die meisten pilzförmigen Wärzchen stehen, am feinsten. Aus dieser Vereinigung von verschiedenen möglichen Empfindungen resultirt sicher die Schwierigkeit, welche es macht, die Geschmacksempfindungen von anderen gleichzeitigen sensiblen Eindrücken zu scheiden. An der Ausbreitung des Glossopharyngeus finden sich nach Remak mikroskopische Ganglien. —

Das anatomische Verhalten der Geschmackswerkzeuge ist nach dem eben Gesagten noch immer nur sehr mangelhaft erkannt. Leider lassen sich die Wahrnehmungen Key's nicht direct auf die Säugethiere und den Menschen übertragen. Doch sind wir immerhin berechtigt, auch bei dem letzteren wenigstens analoge Verhältnisse der Endigungsweise zu erwarten, da sich bisher die bei anderen Thieren gefundenen Nervenendgebilde wenigstens dem Bauprincipe nach auch bei dem Menschen haben auffinden lassen.

Geschmacksempfindungen.

Der Vorgang der Geschmacksnervenerregung ist seinem Wesen nach vollkommen unbekannt. Welche innere Uebereinstimmung haben die gleichschmeckenden Stoffe, wie Zucker, Glycerin, Glycin, Bleisalze, welche alle süss schmecken? Was hat das Chinin mit dem Bittersalz gemein; was ist es, das beiden den bitteren Geschmack verleiht?

Eine frühere Periode der Wissenschaft dachte an elektrische Strömungsvorgänge zwischen der Mundflüssigkeit und dem schmeckbaren Stoff. Es lässt sich nicht leugnen, dass diese Anschauungsweise etwas Verlockendes besitzt, da es einestheils ganz sicher ist, dass zwischen dem alkalischen Mundsafte und den sauren oder auch anderen Flüssigkeiten elektrische Strömungen entstehen müssen, andererseits der elektrische Strom als ein starker Erreger der Geschmacksnerven seit alter Zeit bekannt ist durch die Untersuchungen von Volta, Pfaff, Ritter etc. J. Rosenthal hat nachgewiesen, dass diese elektrische Geschmacksempfindung sauer am positiven, alkalisch am negativen Pole auch bei Anwendung unpolarisirbarer Elektroden eintritt. Als Haupteigenschaft bedürfen, wie schon angegeben, die schmeckbaren Substanzen das Vermögen sich in Wasser oder den Mundflüssigkeiten zu lösen. Auch Gase können sich in ihnen lösen und dann geschmeckt werden, z. B. schwefelige Säure. Die Löslichkeit eines Stoffes in Wasser ist aber kein Maass für seine Schmeckbarkeit; manche Stoffe sind trotzdem wenig, manche andere, die wenig löslich sind, stark schmeckend. Nach Valentin's Versuchen ergiebt sich eine Reihe für verschieden schmeckbare Stoffe, in welcher das folgende Glied noch in einer stärkeren Verdünnung geschmeckt werden kann als das

vorhergehende: Syrup, Zucker, Kochsalz, Aloeextract, Chinin, Schwefelsäure.

Je nach dem Concentrationsgrade der gelösten Substanzen wächst für ein und dieselbe die Intensität der durch sie hervorgerufenen Geschmacksempfindung; ebenso mit der Grösse der Berührungsfläche und der Dauer der Einwirkung. Auch durch Einreiben der schmeckenden Substanzen in die Zungenschleimhaut wird die Intensität des Geschmacks vermehrt.

Verschiedene Momente stumpfen die Feinheit des Geschmackes ab, so genügt dazu schon Trockenheit der Zunge, noch mehr entzündliche Veränderungen ihrer Schleimhaut; ebenso sehr intensive Geschmackseindrücke, die die Geschmacksnerven ermüden.

Einige Substanzen hinterlassen nach ihrem Verschlucken einen langdauernden Nachgeschmack, der entweder auf restirenden Partikelchen der schmeckbaren Substanz auf der Zunge oder in Erregung der Geschmacksnerven vom Blute aus seinen Grund hat, deren Möglichkeit nicht in Abrede gestellt werden kann, da solche Nachgeschmäcke auch nach dem Verschlucken von Pillen beobachtet werden.

Ausserdem sind bei dem Geschmacke noch deutliche Nachempfindungen zu beobachten, in dem das Schmecken einer Substanz den Geschmack einer anderen verändert. Der Geschmack des Käses erhöht den für Wein, der des Süssen verdirbt ihn. Nach dem Kauen von Kalmuswurzel schmeckte J. Müller Kaffe und Milch säuerlich. Wissenschaftlich ist es noch nicht gelungen diese Consonanzen und Dissonanzen der verschiedenen Geschmäcke aufzufinden; die Kochkunst hat ihre Harmonielehre der Geschmäcke ebenso praktisch entwickelt, wie es die Malerei und Musik gethan hat.

Die verschiedenen Theile der Mundhöhle scheinen eine eigenthümliche Empfindlichkeit für diese oder jene schmeckenden Körper zu haben. Einige sollen mehr auf den Zungenrücken (bittere Stoffe), andere auf die Zungenspitze wirken.

Die Zunge giebt uns durch diese Localisirung der Qualitäten ihrer Sinnesempfindungen an bestimmte Puncte, trotzdem dass im Uebrigen bei diesem Sinnesorgane die Erforschung noch am wenigsten geleistet hat, doch Anhaltspuncte für die Beurtheilung der Wahrnehmungen durch die übrigen Sinnesorgane. Wir können uns die angeführte Eigenthümlichkeit doch nur so deuten, dass diesen verschiedenen localisirten Qualitätenempfindungen verschiedene Sinnesendapparate entsprechen. Ja es scheint sogar bei der Zunge, dass diesen verschiedenen Qualitätenempfindungen verschiedene Nerven entsprechen, da sich ja der Glossopharyngeus vorzüglich nur an dem Zungenrücken verbreitet, während auch der Zungenspitze wahre Geschmacksempfindungen nicht abgesprochen werden können.

Stich hat der Chorda tympani vom Facialis Geschmacksfunction zugesprochen für die vordere Zungenhälfte. Neumann hat mehrere Fälle gesammelt, welche bei Lähmung des Facialis auch eine Geschmackslähmung auf der gelähmten Seite nachweisen, was ihm unbedingt für seine Meinung zu sprechen scheint. Auch dem Lingualis hat man Geschmacksfähigkeit zusprechen zu

müssen geglaubt. Aus NEUMANN's Beobachtungen scheint sich zu ergeben, dass diese nur sehr untergeordneter Art sein kann.

Die Angaben einer Localisirung der Geschmacksempfindung für verschiedene Reize auf bestimmte Abschnitte des Geschmacksorganes mit der Angabe, dass hier mehrere Nerven als Geschmacksnerven functioniren, legt den Gedanken nahe, dass diesen Nerven je die Fähigkeit für Aufnahme bestimmter Geschmacksreize zukomme. Hier haben wir also vielleicht nicht nur verschieden gebaute Endorgane des Sinnesnerven für die verschiedenen Qualitäten der Empfindungen, sondern vielleicht sogar auch ganz verschiedene Nerven für jede Qualität!

Das Geschmacksorgan scheint für die Lehre der specifischen Energien von der grössten Wichtigkeit werden zu können.

VI.

Die
Physiologie der nervösen Centralorgane.

Dreissigstes Capitel.

Rückenmark und Gehirn.

Allgemeine Eigenschaften des Rückenmarkes und Gehirnes.

Die Physiologie der nervösen Centralorgane: des Rückenmarkes und des Gehirnes hat uns noch eine Reihe von Räthseln zu lösen, auf welche wir bei den bisherigen Betrachtungen gestossen sind.

Da die seelischen Functionen bisher aller physiologischen Analyse getrotzt haben, so werden wir von ihrer Besprechung hier absehen dürfen, da es nicht die Aufgabe einer physiologischen Darstellung ist, auf ein Gebiet überzugehen, wo nur mit Speculationen und ungegründeten Hypothesen gekämpft wird.

Die Versuche, die höheren seelischen Eigenschaften aus der besonderen Grösse des Gehirnes, aus seinem besonderen Reichthum an tiefen Hirnwindungen, aus vorwiegend starker Ausbildung einzelner Hirnpartien (Gall) zu erklären, haben noch zu keinem naturwissenschaftlich sicheren Resultate geführt. Man war nicht im Stande, die seelischen Eigenschaften irgend wo zu localisiren. Vielfältige Beobachtungen beweisen, dass bei Gehirnleiden, Gehirndefecten der verschiedensten Art die seelischen Eigenschaften ungestört sein können, während im Gegentheile geistige, seelische Leiden bei scheinbar vollkommen intactem Gehirne vorkommen können.

Wir stehen bei der Frage nach den seelischen Eigenschaften: Vorstellung und Wille vor Räthseln, welche sich noch nicht lösen lassen. Hier kommt sich, sagt Eckhard, der Mensch selbst fremd vor. Wir verstehen diese Vorgänge in keiner Weise; sie haben zwar einfache Gesetze, aber diese scheinen von den Gesetzen der übrigen Natur verschieden zu sein. Der Ausspruch, dass das Gehirn die Gedanken ebenso absondere, wie eine Drüse ihr Secret und ähnliche, wie die Fabel, dass der hohe Phosphorgehalt die Gehirnsubstanz fähig mache für ihre seelischen Thätigkeiten etc. etc., sind Einbildungen ohne alle reale Basis, die theils aus Mangel an wissenschaftlicher Denkfähigkeit also aus Selbsttäuschung oder geradezu aus dem Wunsche der Täuschung des urtheilslosen Publicums entsprungen sind.

Man pflegt in neuerer Zeit die Stirnlappen des grossen Gehirnes und ihre Ausbildung zur Entwickelung des Geistes in Beziehung zu setzen. Wirklich

scheinen pathologische Beobachtungen dafür zu sprechen, dass hier der Sitz der Sprechfähigkeit liege. Broca führt Fälle an, in welchen bei krankhafter Zerstörung (Erweichung, Extravasat) der Stirnlappen die Beweglichkeit der Zunge, die Fähigkeit zu Sprechen verloren gegangen sei, hiebei zeigten sich jedoch keine bemerkbaren Störungen der Intelligenz. Die Thätigkeit der Zunge bei der Sprache war zwar aufgehoben, nicht aber das eigentliche innere Sprachcentrum der Seele gestört, denn es blieb die Fähigkeit nicht nur Worte zu verstehen und zu schreiben sondern auch die Fähigkeit sich durch Zeichensprache verständlich zu machen zurück. Also auch hier sprechen die wenigen gesammelten Thatsachen noch nicht für eine Localisation der eigentlich seelischen Function.

Wir verlassen diesen Gegenstand hier und wenden uns zu unserer Aufgabe, den menschlichen Organismus als Bewegungsmaschine verstehen zu lernen zurück, von der wir uns bisher haben leiten lassen.

Bei der Besprechung des Zustandekommens der Muskelbewegungen des menschlichen Körpers mussten wir in letzter Instanz den Antrieb zu den zweckmässigen Muskelcontractionen den Centralorganen zuschreiben. In ihnen muss der Bewegungsapparat gelegen sein, auf dessen Wirksamwerden jene Actionen beruhen.

Die Physiologie der Sinnesapparate hat uns weiter gelehrt, dass wir im Gehirne und vielleicht auch schon im Rückenmarke Centralorgane der Empfindung antreffen müssen, auf deren Vorhandensein und normaler Action, die Möglichkeit der Functionirung der äusseren Sinneswerkzeuge beruht.

Wir haben also vor Allem, wenn wir von den Postulaten der Psychologie ganz absehen, zwei Fragen zu beantworten:

1) Auf welchen Organen und Vorrichtungen in den nervösen Centralapparaten beruht das Zustandekommen der zweckmässigen Muskelbewegungen,
2) worauf beruht anatomisch-physiologisch im letzten Grunde die Möglichkeit der Sinnesempfindungen?

Es ergiebt sich, dass beide genannten Verhältnisse auf das Innigste zusammenhängen.

Die Reflexe.

Die Lehre vom freien Willen setzt voraus, dass der Mensch aus sich, aus inneren, von den Einflüssen der Aussenwelt unabhängigen Gründen auf seine Umgebung durch active Handlungen, Bewegungen einzuwirken vermag. Diese Art der Darstellung passt wohl nur auf eine äusserst geringe Anzahl von Bewegungserscheinungen. Bei näherer Betrachtung verzweifelt man beinahe, Actionen des menschlichen Organismus aufzufinden, die zu ihrem Zustandekommen keinen directen, materiellen Antrieb von aussen erkennen lassen.

Die Thätigkeit des Organismus, auf der das Ergreifen sowie das Abstossen der Körper der Aussenwelt beruht, wird zweifelsohne im normalen Bestande des Organismus am häufigsten von dem Gehirne aus hervorgerufen, aber ebenso steht es über allem Zweifel erhaben, dass diese erregende Einwirkung des

Gehirnes in der grössten Mehrzahl der Fälle selbst wieder hervorgerufen wird durch ihm an sich fremde, von aussenher dem Centralorgane zugeleitete Reize. Wir sehen so auf das Innigste die Empfindung und Bewegung mit einander verknüpft; bei näherer Betrachtung zeigt sich sogar deutlich, dass jeder Empfindung eine bestimmte Gruppe von Bewegungen entspricht, dass sich direct Empfindung in Bewegung umsetzt, reflectirt. Wir beobachten, dass wir diese Reflexbewegungen zwar unterdrücken können, sehen aber immer und immer wieder, dass ihr Zustandekommen von unserer Willkür unabhängig ist. Es lässt sich also nicht läugnen, dass ein grosser Theil der scheinbar willkürlichen Bewegungen unseres Organismus mit dem Willen als Bewegungsgrund Nichts zu schaffen hat. Wir sind gewöhnt, aus der Zweckmässigkeit einer eingeleiteten Bewegung auf ihre Spontaneität zu schliessen; es ist dieser Schluss vollkommen ungerechtfertigt. Es zeigt sich, dass alle die Reflexbewegungen, die wir kennen lernen werden, in hohem Maasse die Eigenschaft der Zweckmässigkeit erkennen lassen, sie sind alle auf Abwehr dem Organismus Gefahr oder Schmerz erregender Reize oder auf Ergreifen Wollust erregender, schmerzstillender Objecte gerichtet. Ueberall sehen wir, dass die Natur den Bestand des Organismus nicht der Willkür desselben frei überlässt, sondern in bestimmten Grenzen ihn zur Selbsterhaltung zwingt. Die betreffenden zweckmässigen, vom directen Willensantriebe unabhängigen Bewegungen des Organismus sind nur einer der unzähligen Beweise von dem zweckmässigen Walten der Naturkräfte, welches sich in den Einrichtungen der einzelnen Organe ebenso wie in der Verknüpfung derselben zu gemeinschaftlicher Thätigkeit beweist.

Um direct die Frage zu entscheiden, ob im Rückenmarke Organe vorhanden sind, welche durch innere, in ihnen selbst gelegene Gründe: Willen! zweckmässige Bewegungen des Körpers einzuleiten vermögen, hat man von jeher Untersuchungen an Thieren angestellt, denen man das Rückenmark unter dem verlängerten Marke durchschnitten hatte. Solche Versuche lassen sich natürlich nicht wohl an warmblütigen Thieren anstellen, da bei ihnen die Lebenseigenschaften der Organe zu rasch nach Durchschneidung des Rückenmarkes verschwinden; für sie werden gewöhnlich kaltblütige Thiere, besonders Frösche verwendet, bei welchen die Gewebe nach der Rückenmarksdurchschneidung, nach dem Aufhören der Athmung, nach dem vollkommenen Verluste alles Blutes doch noch eine längere Zeit — Stunden bis Tage lang — ungestört functioniren.

Schneiden wir einem Frosche den Kopf ab, so wird dadurch die Bewegungsfähigkeit des Rumpfes durchaus nicht aufgehoben, ein enthaupteter oder enthirnter Frosch unterscheidet sich eher durch grössere als durch geringere Beweglichkeit von einem gesunden. Nach der Enthauptung pflegt sich der Frosch nach einiger Zeit wie von einer anfänglichen Betäubung zu erholen, er setzt sich auf die gewöhnliche Weise und wir sehen ihn unter Umständen sogar hüpfen.

Es ist damit bewiesen, dass in dem Rückenmarke sich die Organe finden müssen, welche nicht nur die Muskelbewegungen hervorrufen, sondern sie auch zu zweckmässigen Bewegungsgruppen vereinigen. Dürfen wir uns aber in dem Rückenmarke eine automatische, willkürliche Erregungsursache denken? Es ist dieses die Frage, ob im Rückenmarke ein Theil der Seele ent-

halten sei, im letzten Ende also die Frage nach der Theilbarkeit der Seele. Die Frage scheint in diesem Falle verneint werden zu müssen.

Die genauere Beobachtung des enthirnten Frosches zeigt, dass diese scheinbar willkürlichen Bewegungen trotz ihrer unverkennbaren Zweckmässigkeit doch alle auf die Abwehr auf den Rumpf einwirkender Reize gerichtet sind. Die Bewegungen werden erregt durch Empfindungsreize; die Bewegung der sensiblen Nerven wird reflectirt auf motorische und löst auf diese Weise Muskelbewegungen aus.

Das Annehmen der sitzenden Stellung der enthirnten Frösche ist deutlich auch gegen einen Reiz gerichtet. Unter normalen Umständen nehmen die Frösche bei vollkommener Ruhe gleichfalls diese Stellung ein, da bei jeder anderen der Mangel des vollkommenen Gleichgewichtes, die Spannung der einzelnen Glieder als Reiz wirken muss.

Man stellt sich das Zustandekommen der Reflexbewegungen in der Art vor, dass der Bewegungsantrieb auf die Muskeln zwar von einer im Rückenmarke gelegenen Ganglienzelle ausgeht, dass diese aber ihren Reizzustand nicht aus sich selbst producirt habe, sondern dass sie in denselben versetzt worden sei durch die von einem äusseren Reize erzeugte Erregung einer sensiblen Faser, welche entweder direct in ihr endigt, oder ihren Erregungszustand durch verbindende Nervenfasern — intercentrale Fasern — auf eine oder mehrere motorische Ganglien überträgt.

Bei Einwirkung eines schwächeren Reizes sehen wir, dass die Reflexbewegungen auf derselben Seite, auf welcher der Reiz einwirkte, auftritt und zwar als einfache Abwehrbewegung. Es wird zuerst das Glied in Erregung versetzt, dessen Haut wir reizen; dann erst bei Verstärkung des Reizes wird die andere Extremität derselben Seite zu Bewegungen veranlasst. Steigern wir den Reiz noch weiter, so geräth auch die andere Seite in Thätigkeit, bis der ganze Rumpf in einen Sturm von Bewegungen hineingerissen ist.

So sehen wir also, dass von einer Stelle aus, vielleicht von einer sensiblen Nervenfaser aus, der gesammte Bewegungsmechanismus des Thieres, reflectorisch in Thätigkeit versetzt werden kann. Es ist diese Thatsache nur so zu verstehen, dass Zusammenhänge nicht nur zwischen den nächstgelegenen sensiblen und motorischen Ganglienzellen existiren — vielleicht hat eine Ganglienzelle sowohl sensitive als motorische Fasern — sondern dass auch alle motorischen Centren des ganzen Rückenmarkes unter einander in directem Zusammenhange stehen, sodass sich Bewegungsvorgänge in dem einen auch auf die anderen fortzupflanzen vermögen.

Das Gesetz der Fortpflanzung ist nicht sehr complicirt. Zunächst bei schwachen Reizen bleibt der Erregungszustand auf die der direct erregten sensiblen Zelle nächstgelegenen motorischen Centren beschränkt. Es existirt, wie wir an einer anderen Stelle schon ausgeführt haben, in den Ganglienzellen ebenso eine Hemmung der Bewegung wie in den anderen der Bewegung dienenden Organen. Diese Hemmung erfordert zu ihrer Wegräumung eine bestimmte Kraft; bei schwachen Reizen genügt die ihnen entsprechende Bewegungskraft, welche sie in der sensiblen Zelle erregen, gerade dazu, die Hemmungen in den nächsten Zellen zu beseitigen. Je weiter von dem sensiblen Centrum aus sich die Bewegungskraft verbreiten soll, desto grösser muss

selbstverständlich ihre Intensität sein. Diese ist eine directe Function der Intensität des einwirkenden äusseren Reizes. Mit seinem Zunehmen wird die Bewegungskraft immer weiter von dem Centrum entfernt noch stark genug sein, die Bewegungshemmungen in motorischen Zellen zu beseitigen.

Wir haben den elektrischen Strom des Rückenmarkes (pg. 609) als eine Hemmungsvorrichtung der Bewegung der in der Längsrichtung säulenartig von ihm galvanisirten Rückenmarksmolecüle kennen gelernt, welche besonders Bewegungen der Rückenmarksmolecüle quer über das Rückenmark herüber erschwert. Es kann uns nicht auffallen, dass wir dieselbe, uns von dort her schon bekannte Erscheinung hier wieder auftreten sehen, indem wir die Reflexe erst auf die der gereizten Hautstelle entsprechende Körperseite beschränkt finden, zum Zeichen, dass sich in der Längsrichtung des Rückenmarkes die Bewegungen leichter verbreiten als in der Querrichtung. Bei heftigen Reizen sehen wir auch diese Hemmung überwunden.

Das Experiment bekommt ein ganz eigenthümliches Gesicht, wenn wir einen Frosch an einer bestimmten Hautstelle reizen und ihm dann die zuerst erregte Extremität abschneiden. Es zeigt sich dann, dass er die anderen Extremitäten an Stelle der abgeschnittenen benützt.

Dieses Experiment macht auf den ersten Blick ganz den Eindruck, als wäre in dem enthirnten Rumpfe wenigstens noch ein dunkles Bewusstsein von dem jeweiligen Körperzustande und den diesem entsprechenden Bedürfnissen. Es werden, wenn die gewohnten natürlichen Bahnen der Reflexe durch die genannte Verstümmelung unmöglich geworden sind, andere eingeschlagen, deren Betreten schliesslich zu dem bewusst angestrebten Resultate der Reizabwehr führt.

Das ganze Räthsel löst sich aber sehr einfach, wenn man bei der Anstellung dieses Experimentes auf die Reizstärke, die man in Anwendung zieht, achtet. Diese scheinbare, zweckmässige Anwendung des am meisten tauglichen Gliedes reducirt sich auf den schon betrachteten Fall, dass bei R e i z - v e r s t ä r k u n g alle Muskeln endlich gegen den Reiz in Thätigkeit versetzt werden; der Anblick des Experimentes wird nur dadurch verändert, dass wir die gleichzeitige Thätigkeit des abgeschnittenen Gliedes nicht bemerken können.

Derartige Reflexbewegungen an decapitirten oder enthirnten Thieren fehlen auch bei den Säugethieren nicht, besonders lassen sie sich an ganz jungen Individuen leicht und schön nachweisen. Man kann bei Säugethieren und Menschen in ähnlicher Weise das Gehirn von der Beeinflussung des Rückenmarkes abhalten, wie durch Decapitiren. Es sind einige bewusstlos machende Arzneimittel, die wir dazu anwenden können. Zum Theil haben wir diesen Zustand auch im Schlafe; bei dem Menschen auch dann, wenn der Geist durch vollkommene Concentration auf einen ihn fesselnden Gegenstand die Umgebung gänzlich vergisst.

Es lassen sich an schlafenden und in der bezeichneten Art Geistesabwesenden oder narkotisirten Menschen dieselben Experimente mit gleichem Erfolge wiederholen, die wir eben bei dem Frosche betrachtet haben. Wir kommen dadurch zur Ueberzeugung, dass eine grosse Reihe der Bewegungen, die uns selbst willkürlich scheinen z. B. das Kratzen auf Reize der Haut, die Gesticulationen bei Schmerzen, aus denen man mit Sicherheit auf den Ort des

Schmerzes schliessen kann, im Grunde ganz unwillkürlicher Art sind, wahre Reflexe, woher es stammt, dass sie bei allen Menschen mit gleichbleibender Regelmässigkeit eintreten. Heftige Kolikschmerzen zwingen Jeden die Brust dem Becken zuzuneigen und die Hände auf den Unterleib zu legen; Jeder stemmt bei Seitenstechen die Hand in die schmerzende Seite oder legt sich in dem Bette wenigstens auf dieselbe.

Man hat bisher meist fälschlich angenommen, dass die Reflexbewegungen der Hautnerven stets nur in Abwehr eines gegen den Körper gerichteten Reizes beständen — bei dem Frosch das Fortstossen der kneipenden Pincette: das Wegwischen der Säure, welche man auf eine Hautstelle gestrichen hat; die Fluchtversuche, wenn man den enthirnten Stumpf festzuhalten versucht. GOLTZ hat nachgewiesen, dass auf bestimmte Hautreize bei enthirnten männlichen Fröschen, die Arme den reizenden Körper — Finger — nicht wegstossen sondern ergreifen und fest umklammern, in derselben Weise, in welcher das brünstige Männchen das Weibchen zu umklammern pflegt.

Wir haben im Rückenmarke eine grosse Anzahl von Reflexcentren anzunehmen. Eine sehr grosse Anzahl solcher findet sich auch im verlängerten Marke und Gehirne. Sehen wir zuerst nur auf solche Reflexe, welche mit den bisher besprochenen schon in der Erscheinung Verwandtschaft haben, so sehen wir, dass die sensiblen Hautnerven, mögen sie im Gehirne oder Rückenmarke ihren Endpunct haben, auf ganz gleiche Weise mit motorischen Apparaten verknüpft sind. Man braucht hier nur sich zu erinnern an die Gesticulationen bei Zahnschmerz. Ebenso ist allbekannt, der Augenlidschluss bei Berührung der Bindehaut (Conjunctiva). Das Husten und Niesen sind auch derartige Reflexvorgänge, bei denen sich auf Reizung bestimmter Schleimhautpartien starke plötzliche Exspirationsbewegungen einstellen, die den Luftstrom an der gereizten Stelle vorbei stossen, sodass ein dort etwa vorhandener reizender Körper heraus getrieben werden könnte. Diese Reflexe werden in der Nase durch die Reizung des Trigeminus hervorgerufen, in dem Kehlkopfe durch Erregung des Laryngeus superior, der die Schleimhaut des Kehlkopfes mit empfindenden Fasern versorgt.

Auch die Nerven der höheren Sinnesorgane sind mit motorischen Apparaten verknüpft. Wir haben die Muskeln kennen gelernt, welche sich an die Organe der Sinnesnerven ansetzen und sie zweckentsprechend bewegen. Wir lernten Muskeln in den Sinnesapparaten selbst kennen, deren Bewegungen reflectorisch erfolgen. Hierher gehört z. B. die Pupillenverengerung bei Reizung der Retina; die reflectorisch eintretenden Bewegungen der Muskeln des mittleren Ohres, auf deren Contractionen die Stellung der Gehörknöchelchen gegen einander beruht; die Zungenbewegungen bei lebhaften Geschmacksreizen.

Aber auch bei den Sinnesnerven der höheren Sinne sehen wir, dass von einem Puncte aus nicht nur die zunächst gelegenen motorischen Centralapparate erregt werden können, sondern, dass bei Verstärkung des Reizes die Gesammtmusculatur in Bewegung versetzt werden kann.

Die Untersuchung, was eigentliche, reine, von Vorstellungen ganz unabhängige Reflexe sind, welche durch die höheren Sinnesnerven vermittelt werden, wird dadurch vielfältig gestört, dass sich mit Bewegungen, die allem An-

scheine nach wahre Reflexe sind, doch, wie wir aus Erfahrungen an uns selbst wissen, wahre Vorstellungen und vielleicht auch Willensantriebe verknüpfen. So wissen wir, wie leicht bei nervös erregbaren Personen vom Opticus, vom Acusticus wie von den anderen Sinnesnerven aus Schutzbewegungen, Fluchtversuche etc. an denen sich die Gesammtmusculatur betheiligt, hervorgerufen werden. Das Erschrecken, welches von allen Sinnesnerven aus erregt werden kann und stets wenigstens mit tetanischen Muskelzuckungen verbunden ist, hat etwas unwillkürliches und stellt sich sonach in die Reihe der Reflexvorgänge; trotzdem können wir uns, da uns zum Erschrecken die Vorstellung des Erschrecklichen zu gehören scheint, der Annahme nicht verschliessen, dass wir es hier mit Vorgängen höherer, complicirterer Art zu thun haben als bei den gewöhnlichen Reflexvorgängen.

Man müsste, um die Frage, was denn eigentlich an diesen vom Gehirn und den höheren Sinnesnerven aus vermittelten Bewegungen Reflexe seien, die Seele, das Sensorium ebenso ausschliessen können, wie wir das bei den Reflexerscheinungen am Rückenmark durch Abschneiden des Gehirnes vermochten. Man könnte hoffen an neugeborenen Kindern diese Frage lösen zu können, bei denen das Sensorium noch nicht entwickelt ist. Sie erschrecken wirklich durch Reize von den Sinnesnerven aus ebenso wie Erwachsene.

Der Tast- und Temperatursinn ist mit einer Anzahl motorischer Apparate verknüpft. Besonders deutlich ist die Verbindung der Hautnerven mit den Bewegungsnerven für die Athemmusculatur; das Kind schreit auf Hautreize, ohne dass es den Ort der Reizung schon zu entscheiden vermag. Es schliesst seine Lippen reflectorisch um einen ihre sensiblen Nerven kitzelnd erregenden Körper: Brustwarze, Finger etc. worauf Saugbewegungen gemacht werden. Dass schon die Gesammtverbindung der sensiblen und motorischen Apparate existirt, ist daraus ersichtlich, dass unter Umständen auf sensible Reize fast alle Muskeln in Thätigkeit versetzt werden z. B. bei Leibschmerzen, bei welchen die Extremitäten schon krampfhaft an den Leib angezogen werden, der Rücken gekrümmt, die Brust dem Unterleibe genähert wird. Auch von dem Geschmackssinn aus lassen sich schon bei Neugeborenen Reflexe auf die Gesammtmusculatur erhalten, die, wenn lebhaft schmeckende Substanzen mit der Zunge in Berührung gekommen sind, lebhaft genug auftreten, um uns von ihrem Vorhandensein zu überzeugen, ehe wir annehmen dürfen, dass das Sensorium schon ein Urtheil über den Werth der schmeckenden Substanz für den Organismus zu fällen vermag.

Man kann mit dem grössten Anspruch auf Wahrheit behaupten, dass die Entwickelung des Sensoriums an das Vorhandensein der grossen Hemisphären des Gehirnes geknüpft ist. Man kann danach bei Thieren den Versuch machen, dieses Organ zu entfernen, um die uns vorliegende Frage zu entscheiden. Das Experiment wurde vielfältig angestellt, in der letzten Zeit von C. Voit mit dem glänzendsten Erfolge, indem die Thiere — Tauben —, an denen das Grosshirn vollständigst entfernt war, sich nach der Operation wieder vollkommen erholten und Jahre lang Untersuchungsobject blieben.

Das Thier sass anfänglich nach der Operation betäubt da, erholte sich aber nach und nach zu einem Zustande, in welchem man es nur mit der grössten Aufmerksamkeit von einer gesunden Taube unterscheiden konnte.

Sie schien munter, ging, flog zuweilen ohne nachweisbare Veranlassung; in die Luft geworfen flog sie bis zu irgend einem Ruhepuncte, wo sie sich niedersetzte. Sie sah vollkommen gut, die Augen bewegten sich lebhaft; es liess sich nachweisen, dass sie hörte und schmeckte. Sie liess sich sogar durch Zupfen am Schnabel nicht nur zu Rückzugsbewegungen sondern sogar zu einer Art von Zorne reizen; sie hackte dann mit dem Schnabel, gurrte und sträubte die Federn.

Merkwürdig erscheint es, dass das Thier trotz dieses beinahe vollkommen normalen Verhaltens niemals von selbst Nahrung und Getränke zu sich nahm, obwohl es nach den Erbsen ebenso pickte wie nach anderen Dingen. Steckte man ihm Erbsen in den Schnabel so schluckte es. Im Anfang fehlte ihr ein sicheres Urtheil über ihre Bewegungen; sie stiess an Gegenstände, die ihr im Wege standen, ging an den Rand des Tisches und wäre herabgefallen, wenn sie nicht Gebrauch von ihren Flügeln gemacht hätte; später konnten diese Erscheinungen weniger mehr beobachtet werden.

Das eine der operirten Thiere war eine männliche Taube. Trotzdem dass normaler Samen in reichlicher Menge in den sehr entwickelten Hoden gebildet wurde, wie die Section ergab, war der Täuber doch gegen eine brünstige Täubin ganz gleichgültig, ebenso gegen andere Thiere. Aeusserungen von Furcht konnten nicht an ihm beobachtet werden. Nachts sass das Thier ruhig, den Kopf unter den Flügeln, sodass es zu schlafen schien.

Vorerst geht aus diesem schönen Experimente hervor, dass das enthirnte Thier zwar alle Sinnesempfindungen noch besitzt, dass aber k e i n e V o r s t e l l u n g e n mehr durch jene erweckt werden. Die Grosshirnhemisphären bewährten sich also als die ausschliesslichen Organe der Vorstellungen, Begriffe, Urtheile des Willens; alle rein organischen Verrichtungen und Sinneswahrnehmungen zeigten sich dagegen von dem Grosshirn unabhängig.

Unsere Frage, ob von den höheren Sinnesnerven aus auch reine Reflexbewegungen vermittelt werden können, die sich auf eine grössere Anzahl von Muskeln des Körpers erstrecken, sehen wir durch das Experiment entschieden bejaht. Es zeigt sich bei diesen Reflexbewegungen der Sinnesnerven das auffallende, dass sie, während die Hautnervenerregung fast in allen Fällen nur Abwehrbewegungen erzeugt, wenigstens ebenso oft Bewegungen des Ergreifens wie des Abstossens hervorrufen. Ja es scheint, dass schwächere Reize hier stets die Aneignungsthätigkeit erwecken. Das Picken der Taube mit dem Schnabel besonders nach glänzenden Objecten — Erbsen — erinnert an die Neigung der kleinen Kinder und Wilden, die Hand nach allen glänzenden Dingen auszustrecken und die ergriffenen zum Munde zu führen, was sich demnach als eine reine Reflexbewegung ausweist. Auch schwächere Reize des Acusticus veranlassen ein Nähern des Körpers wenigstens ein Umdrehen des Kopfes gegen den schallenden Körper, ebenso Geruchsreize wie aus der Bewegung des Kopfes und Körpers bei dem »Spüren« ersichtlich ist.

So haben wir also auch diesen grossen Theil der Bewegungen, die wir von den höheren Sinnesapparaten aus erregt sehen, zum grossen Theile wenigstens auf Reflexvorgänge, vom Willen gänzlich unabhängig zurückgeführt. Wir stiessen hiebei aber auch gleichzeitig auf Thatsachen, die es uns deutlich machten, dass sich höhere Seelenthätigkeiten, Vorstellungen etc. unter nor-

malen Umständen stets mit den an sich nothwendigen Bewegungen verbinden und sie modificiren können.

Am dressirten Thiere sehen wir ebenso wie am gebildeten Menschen, dass Bildung vor allem in einer Modification oder Unterdrückung der Reflexbewegungen beruht. Auch die inneren Empfindungen: Traurigkeit, Furcht, Freude, Hunger, Durst besitzen, wenn sie eine bestimmte Höhe erreicht haben, unwillkürliche, reflectorische Stellungen und Bewegungsarten, welche ihnen eigenthümlich sind und ihre Gegenwart verrathen. Dasselbe ist bei den als Leidenschaften bezeichneten inneren Empfindungen der Fall, die Unterdrückung oder Beschränkung dieser wie der erstbesprochenen Bewegungen ist Hauptaufgabe der äusserlichen Bildung des Menschen.

Wir sehen aber, dass mit dem geselligen Zustande des Menschen neben dieser Beschränkung auch ein Hervorbringen neuer Bewegungen auf äussere Reize verbunden ist, von Bewegungen, welche sich in der Art ihres Zustandekommens in Nichts von den Reflexbewegungen unterscheiden lassen. Wir können derartige Bewegungen erlernte Reflexe nennen zum Unterschied von den bisher besprochenen, die man vielleicht als angeborene Reflexe bezeichnen könnte. Zu den erlernten Reflexen sind die Bewegungen beim Schreiben, Lesen, Musiciren, Tanzen etc. zu rechnen. Wen erinnert nicht das rasche an den Hut greifen der Untergebenen, wenn sich ein Vorgesetzter naht, die rasche Beugung ihres Rückens an Reflexbewegungen? Dass sie in vielen Fällen unwillkürlich sind, ja gegen den Willen eintreten ist allbekannt. So sehen wir also, dass wir mit bestimmten sensiblen Eindrücken durch fortgesetzte Uebung ganz bestimmte Bewegungen zu verbinden lernen, die sich in Nichts von den wahren Reflexen unterscheiden. Es werden durch Uebung, dadurch dass eine Nervenerregung von einer Stelle aus sehr häufig eine bestimmte Bahn durchläuft, die Widerstände auf dieser Bahn geringere als auf anderen, sodass die Nervenerregung wenn der Wille als Richtungsmoment ausser Action ist, stets diese leichtesten Wege einschlägt. (pg. 749)

Die letzten Betrachtungen müssen uns veranlassen, auch die übrigen uns bisher bekannt gewordenen Reflexbewegungen von diesem Gesichtspuncte des Erlernten aus noch einmal zu betrachten. Schon vorhin wurde es uns aus der Betrachtung des neugeborenen Menschen klar, dass ganz zweifellos die Grundlage der Reflexvorgänge, nämlich die Verbindung aller motorischen und sensiblen Centralorgane unter einander schon von Anfang an existire, wie das auch selbstverständlich die Anatomie verlangt. Trotzdem sehen wir, dass ein Theil der Reflexbewegungen noch nicht erfolgt, wenigstens nicht in der zweckmässigen Weise wie später. Ein neugebornes Kind schreit zwar und kommt schliesslich in starke allgemeine Bewegung, wenn es an einer Stelle seiner Haut schmerzhaft erregt wird, es gehört aber schon einige Entwickelung dazu, bis es die Hand z. B. zurückzieht von dem heissen Gegenstand, an dem es sich gebrannt hat; bis es den schmerzenden Gegenstand, den es gefasst hält, fallen lässt; bis es zweckmässige Abwehrbewegungen gegen die Reize zu machen im Stande ist. Es hängt dieses offenbar damit zusammen, dass die Fähigkeit der Localisirung der Empfindungen auf der Haut eine erlernte Eigenschaft ist; so lange diese Fähigkeit noch nicht existirt, kann natürlich auch

keine zweckmässige Reflexbewegung entstehen. So mag also vielleicht auch ein Theil der vom Rückenmarke allein nach Abtrennung des Kopfes erregten Reflexbewegungen durch Uebung erlernt sein. Doch dürfen wir nicht vergessen, dass ein grosser Theil derselben auch dem Menschen sicher angeboren ist. Es ist bekannt, dass wir im Gegensatze zu diesen am Menschen gemachten Beobachtungen bei vielen Thieren, besonders Vögeln, sogleich nach der Geburt eine überraschende Ausbildung der Reflexbewegungen wahrnehmen; sodass diesen also fixe Bahnen für Reflexe in grosser Zahl angeboren sein müssen. Vielleicht tritt mit der in der Thierreihe fortschreitend erfolgenden höheren Entwickelung der Willensorgane die angeborene Ausbildung der angeborenen Reflexwege zurück, dem Willensantriebe wachsenden Spielraum gebend zur Selbsterziehung seiner Bewegungen.

Schon mehrmals haben wir davon gesprochen, dass der Wille von Einfluss auf die Reflexbewegungen sei. Es setzt dieser Einfluss eine materielle Verbindung der Centralorgane des Willens sowohl mit allen sensiblen als auch mit allen motorischen Centren, die ja auch unter sich zusammenhängen müssen, voraus.

Die Reflexhemmung.

Reflexhemmung vom Gehirn aus. Der Einfluss den der Wille auf die Reflexe auszuüben vermag, besteht, ausser der Schöpfung neuer Reflexwege durch fortgesetzte Uebung, vor allem in der Unterdrückung und Modification der natürlichen Reflexbewegungen. Es ist allem Zweifel überhoben, dass im Gehirn das Centralorgan des Willens anzunehmen sei. So sahen wir denn auch, dass nach Abtrennung des Gehirnes die Reflexe in ganz regelmässiger Weise auftreten, während bei dem nicht enthirnten Thiere die Reflexbewegungen willkürlich unterdrückt und durch zweckmässige Spontanbewegungen ersetzt werden können.

Man hatte schon mehrfältig daran gedacht, dass im Gehirne ein eigenes Hemmungsorgan für Reflexe vorhanden sei, welches durch seine Erregung das Zustandekommen der Reflexe verhindern könnte: ein Zwischenorgan, welches man sich unter normalen Verhältnissen vom Willen aus reflectorisch in Erregungszustand versetzt denken könnte.

Setschenow zeigte, dass wenn man einen bestimmten Theil des Gehirnes chemisch — mit Kochsalz — reizt, die Fähigkeit zu Reflexen für das gesammte Thier verschwinde, mit der Entfernung des Reizes aber wieder zurückkomme. Das Organ dessen Erregung diese Reflexhemmung hervorruft: das Reflexhemmungscentrum localisirt Setschenow in die Lobi optici des Froschgehirnes. Harnstoff ist wie schon erwähnt ein Reiz für dieses Hemmungscentrum. Bei Anwesenheit des Harnstoffs im Blute hören zuerst nur die Reflexbewegungen auf und kehren nach seiner Entfernung wieder zurück. Auch diese Wirkung lässt sich auf die angegebene Stelle im Froschgehirn localisiren (J. Ranke).

Reflexhemmung im Rückenmark. Wir haben schon gesehen, dass ein elektrischer, auf das Rückenmark auf- oder absteigend von aussen

einwirkender Strom das Zustandekommen der Reflexe zu hemmen vermag. Die Reflexbewegungen treten immer langsamer ein, je intensiver der Strom ist, um endlich bei einer bestimmten Stärke desselben ganz zu verschwinden. Wir müssen also im Rückenmarke selbst, das stets normal aufsteigend von einem starken elektrischen Strome (Froschstrom) durchflossen ist, auch in diesem Strome eine Reflexhemmung annehmen, die es erklärt, warum auch bei dem enthirnten Frosche die Zeit eine ziemlich bedeutende ist, welche verfliesst zwischen dem Reiz und dem Eintritt der Reflexbewegung. Leider kann man aus der Bestimmung dieser Zeit keinen Schluss ziehen auf die Zeit, welche ein Reiz bedarf, um eine Ganglienzelle zu erregen. Man kennt zwar die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erregung im Nerven; man könnte auch wenigstens annähernd genau die Länge der durchflossenen Nervenstrecken messen und die auf sie treffende Verzögerung des Reizerfolges in Abrechnung bringen; es bleibt aber dabei noch eine unbestimmbare Unbekannte, welche nicht zu berechnen ist, nämlich die Länge des Weges, den die Nervenerregung im Rückenmarke selbst zu durchlaufen hat.

Unter pathologischen Umständen, bei denen sich wohl an eine Verminderung der Intensität des elektrischen Rückenmarksstromes denken liesse, sehen wir die Hemmung der Bewegung in den reflectorischen Centren sehr bedeutend vermindert. Wir sehen auf verhältnissmässig geringe Reize reflectorisch die Gesammtmusculatur eines Thieres in Action, Tetanus gerathen. In dieser Richtung wirkt die Vergiftung mit S t r y c h n i n. Bei dem Menschen werden derartige Reflexkrämpfe auch hervorgerufen durch verhältnissmässig geringe Reize bei sogenannten »nervenschwachen Personen«, deren krankhafter Zustand sich gewöhnlich auf dauernde Ernährungsstörungen der Muskeln und Nerven zurückführen lässt. Wir wissen, dass bei derartigen Leiden die Intensität der normal im Organismus kreisenden elektrischen Ströme abnimmt, sodass wir es erklärlich finden, dass auch der elektrische Rückenmarksstrom so geschwächt ist, dass er nun nicht mehr zu einer zweckmässigen Reflexhemmung hinreicht. —

Es sind nicht allein Muskelbewegungen, welche reflectorisch erregt werden können, wir werden sehen, dass auch Drüsennerven durch Reflex in Thätigkeit zu versetzen sind.

Automatische Centren.

Der Grund, warum wir mit solcher Ausführlichkeit die Frage nach dem Zustandekommen der Reflexbewegungen behandeln mussten, liegt darin, dass wir nur dann, wenn wir diese von äusseren Ursachen im Organismus erzeugten Thätigkeiten auszuschliessen vermögen, im Stande sein werden, wahrhaft automatische Bewegungen zu erkennen.

Unsere bisherige Betrachtung hat uns gelehrt, dass die grösste Anzahl der Bewegungen des thierischen und menschlichen Leibes, welche im höchsten Maasse den Anforderungen der Zweckmässigkeit genügen, zu ihrem Zustandekommen eine in dem Organismus selbst entstandene — automatische — Erregung n i c h t b e d ü r f e n. Freilich ist damit noch n i c h t b e w i e s e n, dass sie niemals durch automatische Willenserregung zu Stande kommen. Unser Bewusst-

sein sagt uns, dass wir unter Umständen dieselben Bewegungen willkürlich hervorrufen, die wir unter anderen reflectorisch eintreten sehen. Wir können sicher ebenso, wie die Erregung durch äussere Reize entstehen kann, auch durch innere, Willensreize die motorischen Centren erregen, aus deren Thätigkeit die geordnete zweckmässige Bewegung von Muskelgruppen hervorgeht, die der Wille an sich nicht combinirt, die schon durch innere anatomische Verknüpfungen oder durch geringere Widerstände auf gewissen Bahnen der Nervenerregung mit einander innig zu gleichzeitiger, einer höheren Idee für den Bestand des Organismus dienender Action verknüpft sind (coordinirte Bewegungen).

Wir haben bisher bei unseren Betrachtungen die »Medulla oblongata, das verlängerte Mark« mit Absicht ausgeschlossen. Wir finden von ihm eine Reihe von Bewegungen hervorgerufen, welche fast alle für die erste Betrachtung den Charakter des automatischen an sich tragen.

Die Actionen, welche hier in Betracht gezogen werden müssen, sind vor allem die rhythmischen Athembewegungen und die Hemmung und Regulirung der Herzbewegung; beide Thätigkeiten haben ihren Sitz in dem verlängerten Marke. Man hat sie dort näher zu localisiren versucht und für die rhythmischen Athembewegungen wenigstens ist es auch gelungen, den Ort des Athemcentrums, des Centralorganes der Athembewegungen aufzufinden. Er liegt etwa an der Spitze des Calamus scriptorius, an der Ursprungsstelle des Vagus und Accessorius. Seine Zerstörung unterbricht momentan die Athembewegungen, sodass bei warmblütigen Thieren sogleich nach derselben der Tod eintritt (Noeud vital, Flourens). Von diesem Organe aus werden fortwährend rhythmisch die Athemmuskeln in Thätigkeit versetzt, ohne dass wir von aussen her eine Reizung auffinden könnten, welche die Bewegungen als reflectorisch entstanden erklären könnte.

Auch bei dem Centralorgane der Herzregulirung im verlängerten Marke sehen wir keine äusseren Reize betheiligt.

Trotzdem spricht eine Reihe von Thatsachen dafür, dass auch hier Reflexe im Spiele sind.

Das Athemcentrum wird von dem Vagus und Laryngeus superior (J. Rosenthal) in auffallender Weise beeinflusst. Ja wir sahen schon auf Reizung der Nasen- und Kehlkopfschleimhaut heftige Exspirationsbewegungen eintreten, die ohne Zweifel als Reflexe gedeutet werden müssen. Plötzlich erfolgende Hautreize — begiessen mit kaltem Wasser etc. — bewirken reflectorisch Einathembewegungen.

Die Durchschneidung des Vagus am Halse bewirkt Verlangsamung der Athmung, Reizung des centralen Vagusstumpfes, der also noch mit dem verlängerten Marke in Verbindung steht, beschleunigt sie dagegen wieder (Traube). Diese Ergebnisse des Experimentes lassen keine andere Deutung zu, als dass von der Peripherie aus durch den Vagus beständig ein Reizzustand dem Noeud vital zugeleitet wird, der seine Ganglienzellen reflectorisch in Erregung versetzt, sodass rasche Einathmungsbewegungen gemacht werden. J. Rosenthal fand, dass die Reizung des Laryngeus superior den gegentheiligen Effect hat, sodass die höchste Intensität seines Reizzustandes Exspirationsbewegungen (Husten) erzeugt. Zur Erklärung der Rhythmik der Ein- und Ausathmungs-

bewegungen lässt sich die Annahme machen, dass das Athemcentrum abwechselnd von den beiden genannten Reflexbahnen aus erregt wird.

Auch für die Reflexerregung des Centrums für Regulirung der Herzbewegung sprechen Thatsachen. Es scheint, dass stets von der Haut aus reflectorisch Erregungszustände zu dem verlängerten Marke geleitet werden, welche die Herzbewegung verlangsamen. Goltz hat nachgewiesen, dass durch rhythmische, mässig starke Reizung der Bauchhaut beim Frosche durch Klopfen desselben mit einem Stäbchen das Herz zum Stillstand gebracht werden kann.

In der Medulla oblongata ist auch das Centrum der Schlingbewegungen gelegen, welches reflectorisch durch die sensiblen Nerven, welche in den Gaumenzweigen des Sympathicus liegen (Schröder van der Kolk), erregt wird.

Auch ein Centrum für chemische Action liegt im verlängerten Marke, das Centrum für Zuckerbildung in der Leber, neben ihm liegt ein anderes dessen Reizung die Harnsecretion vermehrt. Beide Organe scheinen ebenfalls im normalen Zustande reflectorisch erregt zu werden. Nach der Exstirpation der Leber erregt die Gehirnverletzung keinen Diabetes mehr (Schiff).

So sehen wir also, dass auch diese scheinbare Automatie der Thätigkeiten des verlängerten Markes bei näherer Betrachtung sich auf reflectorische Erregung zurückführen lässt. Doch haben diese Actionen immer etwas Besonderes vor den vorhin besprochenen Reflexbewegungen voraus. Wenn die Erregung, der sie den Antrieb verdanken, auch nicht zuerst in den motorischen Centren automatisch begonnen hat, so erfolgt dieselbe doch unter normalen Bedingungen in Folge von inneren, nothwendigen Zuständen des Organismus selbst nicht durch Reize, welche von aussen auf denselben einwirken. Wir können diese letzte Gruppe als innere Reflexe von den äusseren Reflexen, bei denen der Reiz ein äusserer, zufälliger ist unterscheiden.

Von dem Centrum der Athembewegung ist es erwiesen, dass der Erregungszustand auf einer Veränderung der chemischen Mischung seiner Zellenflüssigkeiten beruht. Es ist schon mehrmals erwähnt, dass Mangel an Sauerstoff Athembewegungen erzeugt. Ein gesteigerter Gehalt der Zellenflüssigkeiten an Sauerstoff, wie er durch starke künstliche Athmung hervorgerufen werden kann, welche das Blut übermässig mit Sauerstoff füllt, lässt das Bedürfniss der Athmung für einige Zeit verschwinden, er lässt also einen Reizzustand des Athemcentrums nicht aufkommen, ein Zustand den man nach J. Rosenthal Apnoe nennt, bei dem das Thier sich vollkommen wohl befindet. Es zeigen uns diese Beobachtungen, dass unter anderen Umständen zweifelsohne auch wahre automatische Bewegungen, die von Zellen ausgehen, auf derartigen Veränderungen des Zellenchemismus beruhen können.

Im Gehirne ist es bisher noch nicht geglückt automatische Bewegungscentren anatomisch zu begrenzen, so sicher unser Bewusstsein uns darüber belehrt, dass von jenem aus unsere eigentlich automatischen, willkürlichen Bewegungen angeregt werden.

Zusammenstellung einiger wichtigen Reflexbewegungen.

Durch Reflexvorrichtungen stehen manche Nerven in sehr inniger Beziehung.

Der Nervus opticus steht reflectorisch in naher Beziehung zum Nervus oculomotorius, N. facialis und den sensitiven Nasenzweigen des Trigeminus.

Eine Reizung des Opticus führt zu einer Reflexreizung der Pupillarfasern des Oculomotorius; Munk zeigte, dass auf mechanischen Reiz des Opticus die Pupille sich verengere, dasselbe ist wie allbekannt bei stärkerer Lichtreizung des Opticus der Fall. Eine derartige heftige Opticuserregung zwingt reflectorisch zum Lidschluss der Augen (Facialis) und erregt Kitzel in der Nase ja sogar Niesen (Trigeminus).

Des Nervus Trigeminus sensible Zweige reflectiren ihren Erregungszustand auf den Ramus lacrimalis des Augenastes, den Nervus facialis und die Exspirationsnerven.

Die meisten Reflexe vom Nervus vagus ausgehend, sind schon ausführlich beschrieben. Es muss nur an den Reflex auf die Athemnerven erinnert werden. Der Husten, welcher auf Kehlkopfreizung eintritt, ist Wirkung des Vagus (Nervi laryngei superiores), welche ihren Reizzustand auf die Athemmusculatur übertragen. Nach Durchschneidung der N. laryngei superiores bleibt der Husten aus.

Der Nervus glossopharyngeus steht in reflectorischer Beziehung zur Speichelsecretion. Seine sensiblen Fasern stehen in Reflexbeziehung zu dem motorischen Centrum des Schluckactes.

Bei den Reflexen der Rückenmarksnerven stellt es sich heraus (Bell'sches Gesetz), dass die excitirenden Fasern in den hinteren Nervenwurzeln, die motorischen in den vorderen verlaufen. Die allgemeinen Reflexgesetze sind schon angegeben.

Sehr wichtig ist die Beobachtung Schiff's und Lovén's, dass von gewissen sensiblen Rückenmarksnerven aus auf die Weite der Gefässe reflectorisch eingewirkt werden kann: z. B. von den sensiblen Fasern der oberen Cervicalnerven kann auf die Lumina der Gefässe des Ohres eingewirkt werden.

Auf dieselbe Weise (Reizung sensitiver Rückenmarksnerven) kann reflectorisch durch Vermittelung des Vagus der Herzschlag verlangsamt werden. Nach Vagusdurchschneidung hört diese Reflexmöglichkeit auf.

Dieselben Nerven können auch die Athemnerven reflectorisch erregen, zu tiefen Inspirationen, wie schon oben erwähnt wurde.

Coordinirte Bewegungen.

Aus dem, was wir bisher kennen gelernt haben, geht es zur Genüge hervor, wie vielfältig die Verbindungen der einzelnen Centralorgane des Nervensystemes, die wir uns als Ganglienzellen denken, unter einander sein müssen, wie verwickelt die Leitungsbahnen, die ein Reizzustand im Rückenmark und noch mehr im Gehirne zu durchlaufen hat.

Die besprochenen Thatsachen setzen vor allem eine grosse Anzahl von Verbindungsfasern zwischen den einzelnen Ganglienzellen — intercentrale Fasern — voraus. Auf ihrer Anwesenheit beruht die Möglichkeit der Reflexe, welche uns zu der oben gemachten Annahme zwingen, dass alle sensiblen und motorischen Ganglienzellen im Rückenmarke und Gehirne mit einander in

wechselsweiser Verbindung stehen, sodass von einer Reizstelle aus durch verstärkten Reiz endlich der ganze Organismus in Action versetzt werden kann. Es veranlasst uns die schon mehrfach besprochene Thatsache, dass auf einen Willens- oder Reflexreiz meist nicht ein Muskel allein zuckt, sondern eine Combination von Muskelcontractionen zu einer für den Organismus zweckmässigen Gruppe von Bewegungen erfolgt, eine nähere Verbindung der motorischen Centren für bestimmte, einzelne Bewegungsgruppen anzunehmen. Man bezeichnet diese zu einem einheitlichen Zwecke für den Organismus gewöhnlich verbunden eintretenden Bewegungen als coordinirte Bewegungen. In welcher Weise wir uns diese nähere Verbindung der Bewegungscentren der einzelnen Muskeln, wodurch coordinirte Actionen möglich werden, zu denken haben, ist noch nicht völlig klar. Wir haben schon bemerkt, dass sich ein Reizzustand im Rückenmarke und wohl auch im Gehirne zuerst und leicht auf die der gereizten zunächst gelegenen Ganglienzellen verbreitet. Wir können uns danach den Grund der gleichzeitigen Erregung schon in einem Naheliegen der betreffenden Centralorgane bedingt denken. (p. 752) Die Ursachen der coordinirten Bewegungen hängen sicher auf das Innigste mit den Ursachen der auf einen bestimmten Reiz mit Bestimmtheit eintretenden Reflexbewegungen zusammen. Wir haben dort die Annahme gemacht, dass gewisse Erregungsbahnen, welche oft betreten werden, einen geringeren Widerstand der Erregung darbieten als andere, welche die Erregung bisher selten gewählt hat.

Wir dürfen nicht glauben, dass ein solches Wegsamerwerden gewisser Erregungsbahnen eine Erscheinung wäre, für welche wir nicht Analogien in anderen Gebieten der Physiologie besitzen. Ich erinnere hier daran, dass der gleiche Reiz bei öfterer Wiederholung den Muskel anfänglich zu immer grösseren Leistungen antreibt, sodass offenbar die Hemmung der Bewegung im Muskel weniger stark ist, wenn die Bewegung schon ein oder mehrmal eingeleitet war. Die Hemmung der Bewegung nimmt dadurch, dass sie öfter durchbrochen wird, anfänglich an Stärke ab; später, wenn Ermüdung eintritt, nimmt sie dagegen wieder zu bis bei dem Maximum ihrer Intensität jeder Reiz zu schwach ist, Bewegung auszulösen. Diese Erhöhung der Beweglichkeit der Molecüle durch öfteres Einleiten von Bewegungen zeigt sich auch am Nerven, wie aus der Verstärkung hervorgeht, welche die negative Schwankung des Nervenstromes bei öfterem Tetanisiren anfänglich, ehe Ermüdung eintritt, erfährt. Es beruhen diese Schwächungen der Bewegungshemmung der Molecüle sicher auf chemischen Veränderungen des Inhaltes der in Frage kommenden Zellen und ihrer Ausläufer, auf einer Art localen angehenden Ermüdung, wie man diesen Zustand geschwächter Hemmung der Molecüle nennen könnte. Eine locale Ermüdung, wie wir sie auch, gekennzeichnet durch gewisse der Ermüdung entsprechende chemische Alterationen der Gewebsflüssigkeit, in einzelnen im Haushalte des Organismus besonders oft gebrauchten Muskeln — Herz, Athemmuskeln etc. — antreffen. (Vergleiche die Besprechung über Ermüdung der Muskeln und Nerven).

Sitz der Empfindungs- und Bewegungsorgane im Gehirn. Leitungswege der Erregung.

Die Leitung der Erregung im Gehirn und namentlich im Rückenmark hat man durch vielfältige Versuche, bei welchen man Durchschneidungen bestimmter Gehirn- und Rückenmarkspartieen vornahm und den Erfolg beobachtete, zu erforschen gesucht. Auch pathologische Beobachtungen hat man in dieser Richtung gedeutet.

Es ist einleuchtend, dass eine vollständige Durchschneidung des Rückenmarkes die untergelegenen Körperpartieen vollkommen für willkürliche Bewegungen und Empfindungen lähmt. Die Reflexe in dem abgetrennten Rückenmarkstücke bleiben dabei aber bestehen und zwar zeigt es sich, dass die Reflexerregbarkeit in dem von dem Willensorgane abgetrennten Theile des Rückenmarkes wenigstens anfänglich erhöht ist. Von der directen Reizung des Rückenmarkes, mit Ausnahme seiner Nervenwurzeln, wird behauptet, dass dadurch weder Bewegung noch Empfindung vermittelt werden können. Da wir unter allen Umständen sehen, dass diese für directe Reize unempfindlich scheinenden Rückenmarkspartieen trotzdem die Vorgänge der Empfindung und Bewegung im Nerven zu leiten, unter Umständen die letzteren aus sich erzeugen können, so schien es nöthig diese Functionen der Erregbarkeit von der Leitungsfähigkeit für die centralen Nervenfasern zu trennen. Die Nerven, welche motorische Erregung leiten, aber nicht direct zu motorischen Effecten durch die äusseren Nervenreize zu erregen sind, bezeichnet man als »kinesodische«, die sensiblen Leitungsfasern als »aesthesodische«.

Die Erfahrung, dass das Centralorgan der Empfindung, das Gehirn wenigstens an der Oberfläche der grossen Hemisphären unempfindlich sei, ist eines der ältesten Vivisectionsergebnisse, welches bei Kopfverletzungen, die das Schädeldach durchdrangen und das Gehirn bloslegten, stets bestätigt werden konnte. Die hippokratische Schule liess sich sogar durch den missverstandenen Augenschein an der dem natürlichen Gefühle so naheliegenden Ansicht von der Bedeutung des Gehirnes — Hauptes — als Centrum der Bewegung und Empfindung, welche von den meisten alten Philosophen gelehrt worden war, ganz irre machen. Man sah in dem Gehirne Nichts als einen weissen schwammartigen, drüsigen Theil — es wurde in den hippokratischen Schriften unter den Drüsen abgehandelt —, und glaubte es dazu bestimmt, die Feuchtigkeit des Leibes an sich zu ziehen. Wie kann, sagt selbst Aristoteles in seinem Buche über die Theile der Thiere, das Gehirn der Sitz der empfindenden Seele sein, »da es ja keine Gemeinschaft hat mit den Theilen, welche empfinden (dies waren ihm die fleischartigen), und da es selber, wenn es berührt wird, kein Gefühl zeigt«.

Uebrigens stammt von Aristoteles die Angabe, dass der Mensch unter allen Thieren das grösste Gehirn habe. Neuere Versuche haben gezeigt, dass nicht alle Theile des Gehirnes wirklich unempfindlich sind. Legt man einzelne Hirnpartieen blos und reizt sie, so erhält man von manchen Schmerzäusserungen, welche auf Anwesenheit von Schmerz vermittelnden Organen oder Leitungsvorrichtungen zu solchen schliessen lassen. Schmerz erregt

die Reizung des Bodens des vierten Ventrikels, das verlängerte Mark, die Grosshirnschenkel, die Vierhügel, die zur Brücke gehenden Schenkel des kleinen Gehirnes. Die Zahl dieser Organe ist vielleicht noch grösser. — Die Medicin hat viele Fälle gesammelt, in welchen Gefühllosigkeit an den Extremitäten beobachtet worden ist nach krankhafter Zerstörung der Streifen- und Sehhügel und der nächst angrenzenden Partieen. — Die Centren der Sinnesempfindungen sind physiologisch unbekannt.

Die physiologischen Centren für die Vermittelung scheinbar sehr nahe verwandter Empfindungen sind offenbar im Gehirne oft durchaus nicht an denselben Ort an nachbarliche Leitungswege geknüpft. Die aus der Pathologie bekannten partiellen Empfindungslähmungen liefern dafür Beweise. Es kann durch eine centrale Ursache die Fähigkeit zur Vermittelung des Gemeingefühls auf einer Körperseite vernichtet sein, ohne dass das Tastgefühl gelitten hat. Derartige Erfahrungen hat man von Apoplexieen und von Bleilähmungen. In der (Aether- und) Chloroformnarkose geht das Gefühl für Schmerz frühzeitiger verloren als das Tastgefühl. Nach Selbstbeobachtung scheint mir überhaupt die Fähigkeit der sensiblen Nerven, auf starke Reize zu antworten, in diesem Falle verloren zu sein, während die Fähigkeit zur Aufnahme schwacher Reize noch besteht. Nicht nur bleibt das Gefühl für Berührung, sondern auch das Ohr behält die Fähigkeit schwache Geräusche, schwache Klänge zu vernehmen: das flüsternde Sprechen, das Klirren der Sperrkette eines vorüberfahrenden Lastwagens wird vernommen.

Die willkürliche, durch Concentration der Gedanken erfolgende Gefühlslähmung, von der S. 641 die Rede war, muss wohl ihr Organ im Gehirne haben. Die Nachempfindungen, Mitempfindungen etc. ebenfalls wenigstens zum Theil; zum Theil beruhen sie sicher auf dauernden Veränderungen der reizempfindenden peripherischen Organe, die durch den Reiz, dessen Dauer und Intensität die Nachempfindungen in ihrer Stärke und Dauer bedingt, stärker verändert wurden. Dass ein psychischer Vorgang bei den Nachwirkungen mit im Spiele ist, geht aus den starken Nachempfindungen hervor, die uns gefährliche oder Ekel erregende Berührungen hinterlassen.

Viele Empfindungen verknüpfen sich mit Bewegungen und erst das Resultat der beiden kommt uns zur Vorstellung, wie sich z. B. aus der Physiologie des Auges vielfältig ergiebt, z. B. die Vorstellung der Grösse, Entfernung, Ruhe der gesehenen Objecte. Dasselbe ist, wie wir wissen, bei dem Betasten der Fall. Diese Beobachtungen sprechen für eine sehr innige Verknüpfung sensibler und motorischer Centren im Gehirne. E. H. Weber hat zuerst nach seinen Beobachtungen die Nothwendigkeit betont, dass die Centren für den Tastsinn denen für die willkürliche Bewegung der Glieder sehr nahe liegen müssen.

Leitung im Rückenmarke. Nach den Beobachtungen von Schiff leitet die graue Substanz des Rückenmarkes sowohl für Empfindung als Bewegung und zwar nach allen Richtungen, sodass partielle Durchschneidungen derselben die Leitung nicht stören. Nach halbseitigen Durchschneidungen des Rückenmarkes nimmt das Gefühl auf der gesunden Seite unterhalb des Scheitels ab, auf der durchschnittenen Seite findet sich dagegen unter dem Schnitte sogar eine beträchtliche Steigerung der Empfindlichkeit. Auch die coordinirten

Bewegungen und Reflexe scheinen meist nicht wesentlich gestört, manchmal mehr auf der gesunden Seite als auf der durchschnittenen. Man hat aus diesen Beobachtungen eine Kreuzung der Rückenmarksfasern ableiten wollen. Gänzliche Durchschneidung der grauen Masse soll die Leitung des Schmerzgefühles aufhören machen, obwohl die Erregung durch Tastempfindungen noch ungestört fortbesteht (?). Die weissen Stränge des Rückenmarkes sind in ihrer Leitungsfähigkeit verschieden. Die Hinterstränge stehen der sensiblen, die Vorderstränge der motorischen Leitung vor. Das Leitungsvermögen der seitlichen Stränge des Rückenmarkes ist ein gemischtes.

In der neuesten Zeit sind von Setschenow Untersuchungen über die Leitungsbahnen im Rückenmarke angestellt worden. Sie bestätigen das allseitige Leitungsvermögen der grauen Substanz wenigstens für das Froschrückenmark nicht. Er zeigte nämlich vor allem, dass der eben angegebene Erfolg der halbseitigen Rückenmarksdurchschneidung am normalen Frosche sich ganz anders gestalte am geköpften Thiere, an welchem nach der Theorie Schiff's die Verhältnisse vollkommen die gleichen sein sollten.

Die Verhältnisse gestalten sich nach ihm verschieden, je nach dem Orte, an welchem man das Gehirn vom Rückenmarke abtrennt. Schneidet man gleich unterhalb der Rautengrube durch, also an der Grenze zwischen verlängertem Marke und Rückenmarke, so verschwindet die Fähigkeit der Reflexverbreitung von der hinteren auf die vordere Extremität, wenn das Rückenmark halbseitig durchschnitten ist, auf der durchschnittenen Seite. Bei Reizung der vorderen Extremitäten kommen sehr häufig auf der durchschnittenen Seite Reflexbewegungen der hinteren Extremitäten zu Stande. Ganz regelmässig wird dieser Erfolg, wenn man etwa in der Mitte der Rautengrube, also etwas höher den köpfenden Schnitt führt.

Geht man mit dem Köpfen noch etwas höher zwischen Vierhügel und kleines Gehirn, so hindert die halbseitige Rückenmarksdurchschneidung die allseitige Ausbreitung der Reflexe nicht mehr.

Somit umschliessen die zwei Querschnitte des verlängerten Markes, welche das kleine Gehirn in sich fassen, die unteren Grenzbezirke, wohin die von hinten nach vorne sich fortpflanzende sensitive Erregung bei Fröschen mit halbseitig durchschnittenem Rückenmarke gelangen muss, um von hier aus auf die motorischen Bahnen aller vier Extremitäten übertragen zu werden.

Diese höchstens 0,5 Mm. dicke Hirnschicht ist noch in der Hinsicht merkwürdig, weil sie die Coordinationscentren aller vier Extremitäten in sich einschliesst. Wird das Gehirn an der Grenze zwischen Vierhügeln und dem kleinen Gehirne durchschnitten, so fängt der Frosch nach einiger Ruhe zu kriechen an (Volkmann), wahrscheinlich in Folge einer Reizung von der Schnittwunde aus. Der tiefer geführte Schnitt — an der unteren Grenze des Kleinhirnes hebt diese Fähigkeit der geordneten Ortsbewegung auf.

Diese Thatsachen sind sehr wichtig. Sie zeigen uns vor allem, dass auch für das Zustandekommen der coordinirten Bewegungen Centralorgane existiren, sodass wir uns denken können, dass durch einen einfachen Willensantrieb das betreffende Organ der Bewegung in Thätigkeit versetzt werden kann, ohne dass willkürlich jeder einzelne der betheiligten Muskeln zur Contraction

angeregt werden müsste. Es bestätigt diese Beobachtung des Ortes der Coordinationscentren die schon ausgesprochene Vermuthung, dass die Organe für gleichzeitig auf einen Reiz eintretende Bewegungen sich sehr nahe gelegen sein müssen, damit sich der Reizzustand von dem einen auf das andere leicht ausbreiten könnte.

Setschenow folgert aus seinen Beobachtungen die Anwesenheit von drei verschiedenen Reflexbahnen. Eine für die Verbreitung der Reflexe von der vorderen Extremität auf die hintere, und eine andere, welche den umgekehrten Weg zu ermöglichen hat. Sie sind nicht identisch, da nur die ersten eine durchschnittene Stelle des Rückenmarkes zu umgehen vermögen, was die zweiten niemals thun, also in ihrem Verlaufe nach vorne in der entsprechenden seitlichen Rückenmarkshälfte bleiben.

Ausser diesen beiden Wegen besitzt das Rückenmark noch besondere Hauptleitungswege für Empfindungsreize nach vorne, welche erst in den Coordinationscentren der vier Extremitäten endigen. Nur wenn diese unverletzt vorhanden sind, können als Reflexe wirklich normale Locomotionen des Gesammtthieres (z. B. Kriechen) erfolgen.

J. Beresin behauptet, dass die rein sensiblen und reflectorischen Fasern der Froschhaut verschiedene seien. Die Hautnerven der hinteren Extremität des Frosches sind in drei Spinalwurzeln angeordnet. Die am meisten nach hinten liegende ist am dicksten, die vorderste am dünnsten. Diese dünne vordere Wurzel soll direct dem Gehirne die sensible Erregung zuleiten, auf ihre Reizung hin bewegt sich der Froschkopf, ohne dass sonst auf dem Wege reflectorische Bewegungen ausgelöst werden. Die Reflexe verschwinden bei geköpften Thieren, wenn die beiden anderen Wurzeln durchschnitten sind und sie allein erhalten ist. Solange das Gehirn unverletzt ist und mit dem Rückenmarke zusammenhängt, erregt auch die vorderste Wurzel Bewegungen, welche aber verschwinden, wenn das Gehirn unter den Hemisphären abgetrennt wird, sodass die fraglichen Fasern demnach in den Hemisphären ihr Ende finden.

In der Medulla oblongata mögen die Bahnen der Erregung noch verwickelter sein als im Rückenmarke. Im Gehirne wird die Untersuchung durch den gekreuzten Verlauf der Nervenfasern fast vollkommen unmöglich gemacht. Da man noch nicht mit aller Sicherheit weiss, ob alle und, wenn nicht, welche Fasern diese Kreuzung zeigen, so wird das Durchschneidungsexperiment zu einem ungemein unsicheren und vieldeutigen. Gewiss ist, dass sämmtliche motorische und sensible Fasern der einen Körperhälfte mit dem Grosshirne der anderen Hälfte verbunden sind. Störungen in der rechten Hirnhemisphäre, z. B. durch apoplektische Blutergüsse in die Gehirnsubstanz mit Zerstörung der letzteren, setzen Empfindungs- und Bewegungslähmung der linken Körperhälfte und umgekehrt voraus. Die aus dem Rückenmarke zum Gehirne führenden motorischen Fasern kreuzen sich in dem verlängerten Marke und in der Varolsbrücke, in den Grosshirnstielen ist die Kreuzung der Fasern schon geschehen.

Die pathologische Beobachtung und Vivisection hat im Gehirne bisher noch wenig geleistet, ausser den beiden Centren — dem Reflexhemmungscentrum und dem Coordinationscentrum für die Bewegung der vier Extremitäten bei dem Frosche — steht fast Nichts fest. A. v. Bezold's

Versuche machen ein automatisches Centrum für die Herzbewegung im Gehirne wahrscheinlich. Die Pathologie lehrt, dass die für die Empfindlichkeit wichtigen Partien des Gehirnes ebenso wichtig sind für die willkürliche Bewegung. Die Gefühlslähmungen in Folge der Zerstörung derselben sind stets mit mehr oder weniger ausgebreiteten Bewegungslähmungen derselben Theile des Körpers verknüpft. Experimentelle Verletzung einzelner Gehirntheile bei Thieren: der Varolsbrücke, der Grosshirnstiele, des Corpus striatum jeder Seite bringen eigenthümliche Zwangsbewegungen der verletzten Thiere hervor: Wälz- und Rollbewegungen um die Längenaxe des Körpers; Reitbahnbewegungen, die Fluchtversuche führen das Thier nach Beschreibung einer Kreisbewegung wieder an den Ausgangspunct zurück, was besonders bei Fröschen schön zu sehen ist. Liegt das Thier auf dem Boden, so dreht es sich wohl auch wie der Zeiger einer Uhr um seine gelähmten Hinterbeine. Es scheint, dass diese Bewegungen in halbseitigen Halblähmungen der Muskeln ihren Grund haben, welche die Actionen der ungelähmten Seite überwiegen lassen, wie wir nach halbseitiger Facialislähmung ein Verzerren des Gesichtes in der Richtung der ungelähmten Seite beobachten. Bestimmte Schlüsse lassen sich aus diesen Beobachtungen noch nicht ziehen. —

Ueber den Bau der nervösen Centralorgane.

Wir haben bisher das mitgetheilt, was wir durch das physiologische Experiment über die nervösen Centralorgane erfahren haben. Wir haben jetzt noch die wichtige Frage aufzuwerfen und uns zu beantworten, inwiefern die anatomische Forschung diese physiologischen Resultate ergänzt oder bestätigt.

Leider haben wir zu bekennen, dass über die Structur der Nervencentren des Gehirnes und Rückenmarkes bisher nur sehr fragmentarische Ergebnisse gewonnen werden konnten.

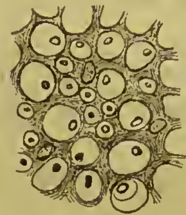
Im Allgemeinen lassen sich die Ermittelungen dahin zusammenfassen, dass die nervösen Centralorgane ausgezeichnet sind durch das Vorkommen von Ganglienzellen. Jedem Gebiete, wo sie vorkommen, sprechen sie den Charakter eines nervösen Centraltheiles zu, sodass wir also auch überall ausserhalb des Gehirnes und Rückenmarkes, wo wir solche Zellen, die sich als Ganglienzellen zu erkennen geben, antreffen, nervöse Centralorgane annehmen müssen.

Ausser diesen Zellen finden sich noch Nervenfasern in grosser Menge.

Beide nervöse Organe: Zellen und Fasern werden getragen durch ein zartes, eigenthümlich gebautes Bindegewebe. Die Kenntniss des Bindegewebes in den nervösen Centralorganen ist darum so wichtig, weil bei allen Fragen über den Bau des Rückenmarkes zuerst die Vorfrage gelöst sein muss, was ist in den nervösen Centralorganen als eigentlich nervös aufzufassen, was nicht. Die Bindesubstanz stellt sich hier dar als aus einer feinkörnigen Masse mit einzelnen Kernen oder Zellen bestehend; das Ganze bildet mit den Gefässen, denen es als Stütze dient, ein zartes Fächer- und Maschinenwerk, in welches die nervösen Organe eingebettet sind.

Die Bindesubstanz ist im Rückenmarke sehr weich und besteht (nach Kölliker) aus Netzen sternförmiger Bindegewebszellen, auch aus vielfach verflochtenen kernlosen Bälkchen. Um jede Nervenfaser ist diese Bindesubstanz — Reticulum nach Kölliker — herum gelagert, sodass sich die einzelnen Nervenfasern nicht direct berühren (Fig. 189). Nach aussen verdichtet sich die Bindesubstanz zu einer Rindenschichte der weissen Substanz (Bidder), welche locker mit der Pia mater des Rückenmarkes zusammenhängt. Nach innen hängt das Bindesubstanzgerüste der weissen Substanz mit einem ähnlichen der grauen Substanz zusammen. Die Zellen sind dort meist noch schöner (Fig. 190) als in der weissen Substanz mit mehrfachen Kernen und hängen mit ihren Ausläufern mit fadenförmigen Ausläufern der Epithelzellen des Centralcanales zusammen (Stilling, Bidder, Kupfer, Clarke u. A.). Im Gehirn findet sich das Bindesubstanzgerüste in ganz ähnlicher Anordnung.

Fig. 189. (*K.*)



Ein Theil des Reticulum der weissen Substanz der Hinterstränge des menschlichen Markes, Vergr. 350. Es sind 3 Kerne im Reticulum sichtbar und in dessen Maschen die Axencylinder z. Th. mit Umhüllungen des blass gewordenen Nervenmarkes. Carminpräparat.

Fig. 190. (*K.*)



Zellen aus dem grauen centralen Kerne des Markes vom Menschen, 350mal vergr.

Nach der neuesten Untersuchung über das Gehirn und Rückenmark von O. Deiters ist die Unterscheidung der nervösen von den bindegewebigen Gebilden in den nervösen Centralorganen nicht allzu schwer, wenn man sich daran hält, dass nur das als nervös anzusehen ist, was mit unzweifelhaften Nervenfasern zusammenhängt. Doch neigt sich Deiters dazu, die bindegewebigen Elemente nicht so absolut von den nervösen zu trennen, als wäre dadurch, dass man ein Gebilde für Bindesubstanz erklärt, sein möglicher Zusammenhang mit den nervösen Functionen des Organes schon abgeschnitten. Erinnern wir uns nur daran, dass bei den äusseren Sinnesapparaten sich als Endorgane der Nerven Gebilde finden, welche wie die Stäbchen und Zapfen der Retina, die Corti'schen Fasern der Schnecke als offenbar bindegewebiger Natur betrachtet werden müssen. Die Untersuchungen der Bindesubstanz der Centralorgane ist noch zu wenig vollständig, als dass wir schon jetzt mit aller Sicherheit die vollkommene Abwesenheit ähnlicher, in ihnen gelegener, innerer Sinnesapparate behaupten könnten, Gerlach's Beobachtungen scheinen für solche zu sprechen. Die Entwickelungsgeschichte findet anfänglich eine ziemlich gleichmässige Entwickelungsmasse um den Centralcanal her, die man als ein geschichtetes Epithel bezeichnen könnte. Aus diesen Zellen sondern sich erst allmählich die Bindesubstanz- und Nervenzellen von einander, erst später

fangen die Nervenfasern an sich zu bilden. Der Bindesubstanz der nervösen Centralorgane können wir also einen gewissermassen neutralen Charakter zuschreiben und sie als nicht nervös von den eigentlich nervösen Gebilden abtrennen, ohne ihr damit eine Möglichkeit, sich auf irgend eine noch nicht erkannte Weise an den physiologischen Vorgängen zu betheiligen, abzusprechen.

Deiters steht insofern in einem scheinbaren Gegensatz zu Kölliker, als er annimmt, dass die bisher in den betreffenden Organen bekannt gewordenen Zellen alle höchst wahrscheinlich als Nervenelemente zu bezeichnen seien; für das Bindegewebe bleiben nach ihm nur die Gebilde übrig, die man bisher als freie Kerne zusammengefasst hat. Der Gegensatz wird aber dadurch weniger schroff, als Deiters sich den Ansichten Leydig's und M. Schultze's anschliesst, welche die Anwesenheit einer Zellmembran um das Protoplasma mit dem Kern als nicht für die Charakteristik einer Zelle nothwendig annehmen, sodass demnach auch diese freien Kerne im Grunde Zellen sind. Diese Zellenäquivalente sind in die genannte, körnig aussehende, poröse Grundmasse eingelagert, welche hie und da fast vollkommen zu fehlen scheint. Um die freien Kerne ist nicht selten auch Protoplasma gelagert, welches hie und da verästelte Fäden aussendet.

Fig. 191. (*F.*)



Ein Ganglienkörper aus der grauen Masse der Kleinhirnwindungen in schematischer Darstellung nach Gerlach. *a* Die Nervenfaser in der weissen Substanz mit Theilungen; *b* die Körner mit ihren feinen ausstrahlenden Fäserchen in netzartiger Verbindung, übergehend in die Ganglienzelle *c*; deren Ausläufersystem nach aussen bei *d* zum Theil mit Körnern an den Endästen.

Eine Reihe von Forschern haben die feinkörnige Masse, welche mit eingelagerten Kernen sich in allen Ansammlungen grauer Hirnmasse findet, für nervös und als zusammengeflossene und nicht gesonderte Ganglienmasse erklärt. Gerlach sah die Körner der Rinde des Kleinhirns in Verbindung mit Nervenzellen und Nervenvenfasern stehen. Die Nervenfasern der weissen Substanz strahlen pinselförmig aus in feinste Reiserchen, welche mit den Körnern des rostbraunen Stratums zusammenhängen und ein feines Netzwerk bilden. Diese nervösen Reiserchen verbinden sich erst mit den Ganglienzellen. Diese feinen Verbindungsfäden erinnern an das feine Ausläufersystem an der Deiters'schen centralen Nervenzelle (Fig. 191). R. Wagner erklärte die feinkörnige Schicht der Kleingehirnrinde für eine Ausbreitung reiner Nervensubstanz, eine »centrale Deckplatte«; aus ihr sollen grosse, flaschenförmige Nervenzellen mit feinen Wurzeln entspringen, die sich unmittelbar aus der moleculären Masse zusammensetzen. Es würde dieser Bau an den der elektrischen Platten der elektri-

schen Fische — Torpedo — erinnern. R. Berlin fand am Grosshirn dieselben Verhältnisse, die Gerlach am Kleinhirne beschreibt. Stephani sieht die ganze körnige Masse aus feinen Fasern zusammengeflochten, mit denen sich Nervenzellen und Nervenfasern verbinden. Auch Kölliker sah dort derartige Fasernetze bei stärkster Vergrösserung.

Möglicherweise liegt in diesen Angaben der erste Einblick in die nervösen Centralendorgane. Nach Max Schultze ist der Bau des Gehirnes dem der Retina im Ganzen sehr ähnlich. —

Wenden wir uns jetzt zu den eigentlich nervösen Gebilden: den N e r v e n z e l l e n und N e r v e n f a s e r n.

Die Nervenzellen haben wir bei der allgemeinen Besprechung der Gewebszellen (Capitel I.) schon besprochen. Hier haben wir noch Einiges speciell nachzutragen, was dort nicht Erwähnung finden konnte.

Wir schliessen uns der Darstellung Deiters' an, der sich selbst auf den Ausspruch von Remak beruft, dass jede Nervenzelle nur mit e i n e r moto–

Fig. 192.



Centrale Nervenzelle nach Deiters, *g* Axencylinderfortsatz, Nervenfaser, *b* feine Fasern, die sich zu einem Axencylinder vereinigen können, sie entspringen von Protoplasmafortsätzen.

rischen Nervenwurzelfaser in Verbindung tritt und dass diese eine Faser chemisch und physikalisch von allen übrigen centralen Fortsätzen unterschieden ist; und weiter auf die daran sich schliessende Hypothese von M. Schultze, dass eine gewisse Zahl feiner, aus verschiedenen Ganglienzellen entsprungener Fortsätze sich da und dort zu einem Bande vereinige, welches später Axencylinder einer markhaltigen Faser wird (Fig. 192).

Nach Deiters ist mit wenigen Ausnahmen die centrale Ganglienzelle eine unregelmässig geformte Masse eines körnig erscheinenden Protoplasma, welche entweder mehr wachsweich, dehnbar oder wie in den meisten Fällen mehr spröde und zerbrechlich ist, welche zuweilen auffallend platt und dünn, meist aber massig nach allen Seiten ausgedehnt erscheint. Gegen die Umgebung wird sie durch einen etwas zerrissenen Rand oder durch eine scharfe Contour abgegrenzt. In ihrem Innern trägt sie einen grossen, rundlichen, bläschenförmigen Kern mit Kernkörperchen. Eine eigentliche Zellenmembran ist nicht nachzuweisen.

Der Körper der Zelle setzt sich ohne Unterbrechung in eine mehr oder weniger grosse Zahl von Fortsätzen fort, welche sich mannigfach in langen Zügen und oft wiederholten Theilungen verästeln und in welche sich das körnige Protoplasma ohne Unterbrechung direct herein verfolgen lässt, sie lösen sich zuletzt in unmessbar feine Fäserchen auf, die sich in der porösen Grundmasse verlieren, Deiters nennt diese Fortsätze, welche mit Nervenfasern in gar keiner Beziehung stehen: Protoplasmafortsätze. Vor diesen zeichnet sich ein einzelner Fortsatz aus, der entweder von dem Körper der Zelle oder seltener von der Wurzel eines der grösseren Protoplasmafortsätze entspringt. Dieser eine Nervenfaser- oder Axencylinderfortsatz lässt an seiner Einmündungsstelle in die Ganglienzelle noch die körnige Masse des Protoplasma erkennen, in das er sich ohne Grenze verliert. Sobald er sich von der Zelle entfernt, erscheint er als eine starre hyaline Masse, viel resistenter gegen Reagentien und von Anfang an immer unverästelt. Kurz nach dem Abgang von der Zelle wird dieser Fortsatz dünner und bricht daher leicht an dieser Stelle, wo er sich gewöhnlich auch biegt, ab. Er bleibt aber doch ein sicheres Erkennungszeichen für die eigentlich nervösen Zellen. Er findet sich nicht nur an den grossen, sondern auch an den kleinen Ganglienzellen, in der Olive, der Brücke, ja wohl auch in den Zellen des grossen Gehirnes. Auch die grossen Zellen der elektrischen Lappen im Gehirne von Torpedo stehen nach R. Wagner meist nur mit einer, nach M. Schultze immer nur mit einer echten Nervenfaser in Verbindung.

An den Protoplasmafäden stösst man auf eine zweite Art von Fortsätzen. Deiters beschreibt, wie von vielen Protoplasmafortsätzen grösserer und kleinerer Zellen eine Anzahl sehr feiner, leicht zerstörbarer Fasern abgeben, welche nicht als einfache Theilungen erscheinen, da sie meist mit dreieckiger Basis aufsitzen. Er hält sie für Axencylinder feinster Nervenfäserchen, mit denen sie ein etwas unregelmässiges Ansehen, leichte Varicositäten und dasselbe physikalisch-chemische Verhalten gemein haben. Sie verästeln sich zuweilen. An einigen konnte eine dunkelrandige Contour, die sie als wahre Nervenfasern charakterisirt, erkannt werden.

So erscheinen denn die Ganglienzellen als Centralpuncte für zwei

Systeme echter Nervenfasern, einer meist breiteren, immer einfachen und ungetheilten Faser, und eines zweiten ausgedehnten Systemes feinster Fäserchen, die an die Protoplasmafortsätze angeheftet sind.

Die Beschreibung von Deiters kann durch die Beobachtungen von Kölliker noch vervollständigt werden. Für uns ist die Auffindung dieser feinsten Axenfäserchen, die sich erst in der Folge zu einem breiteren Axenbande vereinigen, von ungemeiner Bedeutung. Nach Kölliker ist der **Axencylinder** gewöhnlich von gleichartigem Aussehen, doch erscheint er auch hie und da streifig. Diese Streifung ist wahrscheinlich der Ausdruck dafür, dass der Axencylinder aus feinsten Fäserchen zusammengesetzt ist. Remak fand einen feinfaserigen Centralstrang — Axencylinder — in den Nervenröhren des Flusskrebses, Leydig bei den Käfern, Häckel bei vielen Krustern. Die Fortsätze grosser Nervenzellen zeigen sich nach Kölliker im Cerebellum sehr häufig fein gestreift, G. Walther beschrieb dieselbe Erscheinung an den Zellen der Lobi olfactorii der Säugethiere. Nach Max Schultze enthalten die Olfactoriusfasern im Innern ein ganzes Bündel feinster Fäserchen, das wahrscheinlich dem Axencylinder der anderen Nerven entspricht. Diese Annahme, dass sich der Axencylinder aus feinsten Fäserchen zusammensetzt, wird noch dadurch gestützt, dass wir die feinsten Nervenendigungen, welche mit den peripherischen Sinnesapparaten: Stäbchen, Zapfen, Riechzellen etc. zusammentreten, aus solchen feinsten Fäserchen, wie sie Deiters im Gehirn fand, bestehend finden.

Durch diese Entdeckung eines zusammengesetzten Baues der Nervenfasern (Axencylinder), welche jede aus einer Anzahl feinster, isolirt von einander dem Gehirne zustrebender Fäserchen zusammengesetzt erscheinen lässt, ist für die Sinnesphysiologie von grösster Tragweite.

Wir erinnern uns, dass wir für Erklärung der specifischen Energien der Sinnesapparate eine enorm grosse Anzahl von isolirt leitenden Fasern annehmen mussten. Es war dieses ein Punct, bei welchem wir bei dem Auge nicht entscheiden konnten, ob an ihm nicht unsere ganze Annahme der specifischen Energie scheitern würde. Die Zahl der Nervenröhren im Opticus ist zu klein, um für jedes Stäbchen und jeden Zapfen eine eigene ganze Faser zu führen, und doch müssen wir diese Annahme machen, wenn wir jedem dieser Endorgane seine specifische Energie zusprechen wollen.

Diese Schwierigkeiten wären gelöst mit der Anerkennung des Satzes:

Die Nervenfaser ist kein einfaches Gebilde, sie ist zusammengesetzt aus einer grossen Anzahl feinster Fäserchen, eingebettet in die Markscheide. Alle einzelnen Fäserchen werden isolirt ihren Erregungszustand zu leiten vermögen. In den nervösen Centralorganen angelangt, spaltet sich der vereinigte Axencylinder in seine Fäserchen, welche ihren Erregungszustand den verschiedenen Zellen zuleiten, aus denen sie entstanden sind.

Es würde danach also jede derartige Nervenfaser aus einem centralen Endbusch feinster Fäserchen entstehen und sich an ihrem peripherischen Ende wieder in einen solchen spalten.

Vielleicht kommt dieser complexe Bau nicht allen Nervenfasern zu. Die einfache Axenfaser, welche Deiters an allen Zellen wirklich nervöser Art entspringen sah, ist vielleicht nicht derartig zusammengesetzt, doch zeigt der

Zelleninhalt der Ganglienzelle nach Deiters selbst ein etwas streifiges Ansehen, wie aus seiner Zeichnung derselben hervorgeht.

Es scheint Deiters, dem Entdecker des zweiten von der Ganglienzelle abgehenden Nervenfasersystemes nicht ganz unwahrscheinlich und wir müssen uns ihm hierin anschliessen, dass diese beiden Faserarten zwei physiologisch verschiedenen Functionen vorstehen. Die dicken Axencylinderfortsätze sind vielleicht die motorischen, die feinen die sensiblen Fasern.

Deiters sah wie Kölliker im Gegensatz zu den anderen angeführten Beobachtern niemals eine wahre Verbindung von centralen Ganglienzellen unter einander mit jenen Protoplasmafäden die man früher einfach für Nervenursprünge nehmen zu können glaubte. Deiters glaubt alle derartigen Beobachtungen von wirklich gesehenen Verbindungen von Ganglienzellen unter einander für Täuschung erklären zu dürfen (vgl. hiezu p. 774). Er denkt in Berücksichtigung des physiologischen Postulates im Gegensatz zu den älteren Angaben an eine Verbindung der Zellen unter einander mittelst der feinen Axencylinderfortsätze, die er sich ja auch verästeln sah; doch fehlen auch in dieser Beziehung bisher alle directen Beobachtungen, so dass die Verbindung der Ganglienzellen unter einander, welche die Theorie der Reflexe zu fordern scheint, bisher aller anatomischen Grundlagen entbehrt.

Man hat vielfältig versucht die Functionsunterschiede der Ganglienzellen auf Formunterschiede zurückzuführen. Man beschrieb die grossen in den Vorderhörnern des Rückenmarkes vorkommenden Zellen als motorische, die kleinen in den Hinterhörnern befindlichen als sensible Ganglienzellen. Deiters hält diese Grössenunterschiede für sich allein nicht für stichhaltig. Er hält es in dieser Beziehung allein für wesentlich, dass die Zellen, deren Hauptaxencylinder nachweisbar aus den vorderen Wurzeln stammt, gross und rund sind und nach allen Seiten Protoplasmafortsätze aussenden, während die Zellen, deren Axencylinder in den Bahnen der hinteren Wurzeln verläuft, meist kleiner und spindelförmig sind und nur an den beiden zugespitzten Enden je einen Protoplasmafortsatz aussenden, der sich vielfach gabelig verästelt. Meist entspringt hier der Hauptaxencylinder nicht aus dem Zellenkörper selbst, sondern aus der Basis eines Protoplasmafortsatzes. Es finden sich neben diesen charakteristischen Zellenformen dagegen auch noch solche von rundlicher Gestalt, welche eine Entscheidung, ob sie zu den motorischen oder sensiblen Zellen zu rechnen sind, nicht zulassen. —

Die Nervenfasern, welche die weisse Substanz der nervösen Centralorgane bilden und die graue Masse durchziehen, lassen im Gegensatze zu den Nervenfasern, welche sich mehr vereinzelt in der Körperperipherie finden, kein Neurilem oder Schwann'sche Scheide erkennen.

Die Fasern der Vorder- und Hinterstränge unterscheiden sich von einander durch ihre Dicke, was besonders an den sensiblen Wurzelfasern auffallend geschildert wird; die Fasern der motorischen Wurzeln sind meist viel breiter (Fig. 193). Es ladet auch diese Beobachtung ein, sich der Ansicht von dem Zusammengesetztsein des sensiblen Axencylinders anzuschliessen: Deiters vermuthet, dass ein Theil der feinen aus den Protoplasmafortsätzen entspringenden Axencylinder sich zu stärkeren Fasern vereinigen und dann

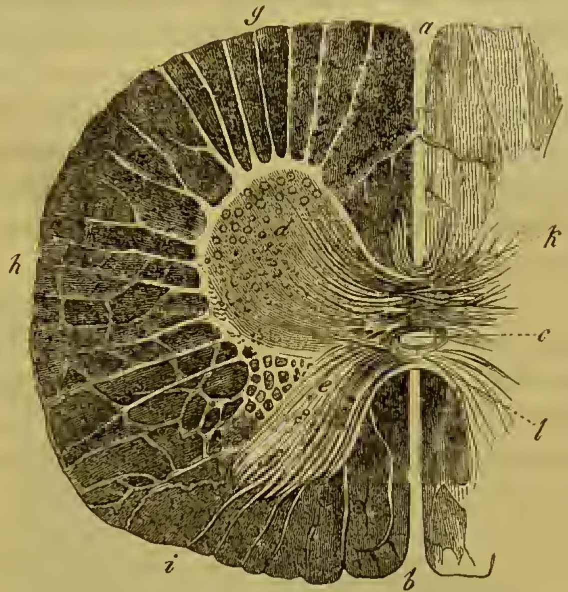
die weissen Stränge bilden. Die dort vorkommenden gabelförmigen Theilungen der Axenfäden erklärt er als Vereinigungen jener Fäden. —

Fig. 193. (*F.*)



Verschiedene Nervenfasern; *f. g. h.* centrale. Die Faser *g* wird oberwärts * als Axencylinder zum Fortsatz einer Ganglienzelle.

Fig. 194. (*F.*)



Querschnitt des Rückenmarks vom Kalbe (nach Ecker). *a* Vordere, *b* hintere Längsspalte; *c* Centralcanal; *d* vordere, *e* hintere Hörner; *f* Substantia gelatinosa von Rolando; *g* Vorderstrang mit den motorischen Wurzelbündeln; *h* Seitenstrang mit bindegewebigen Scheidewänden; *i* Hinterstrang mit den sensiblen Wurzelbündeln; *k* die vordere und *l* die hintere Quercommissur.

Ehe wir diesen Gegenstand verlassen, haben wir noch einiger Verhältnisse Erwähnung zu thun, welche sich auf die gröbere Zusammensetzung des Rückenmarkes und Gehirnes, sowie auf den Faserverlauf in diesen Organen beziehen, obwohl wir die bisher gewonnenen Thatsachen noch wenig oder nicht zu verwerthen vermögen, wie sich schon aus den schwankenden Beobachtungen über die zelligen Elemente der nervösen Centralorgane ergiebt, die uns nicht einmal das Postulat der Verbindung der einzelnen Zellen unter einander bisher gelöst haben.

Im Rückenmarke sind die nervösen Elemente so angeordnet, dass eine weisse, abgesehen vom Bindegewebe, vollkommen aus Nervenfasern bestehende Substanz gleichsam als Rinde einen grauen Kern einkleidet, welcher, in der Mitte vom Centralcanal des Rückenmarkes durchbohrt, nach vorn und hinten je zwei graue Fortsätze in die weisse Masse hinein sendet, die als Hörner und zwar als Vorder- und Hinterhörner beschrieben werden (Fig. 194).

Die weisse Substanz wird in zwei seitliche Hälften getheilt, welche wieder je in drei Stränge gespalten werden. Die Theilung in Seitenhälften ist eine rein natürliche, sie entspricht einer Längsspalte der Fissura anterior, die das Rückenmark spaltet und in welche sich ein Fortsatz der Pia mater einsenkt. Im Grunde der Spalte befindet sich die sogenannte weisse oder vordere Commissur. Die Spaltung der dadurch gebildeten beiden Hälften in weitere

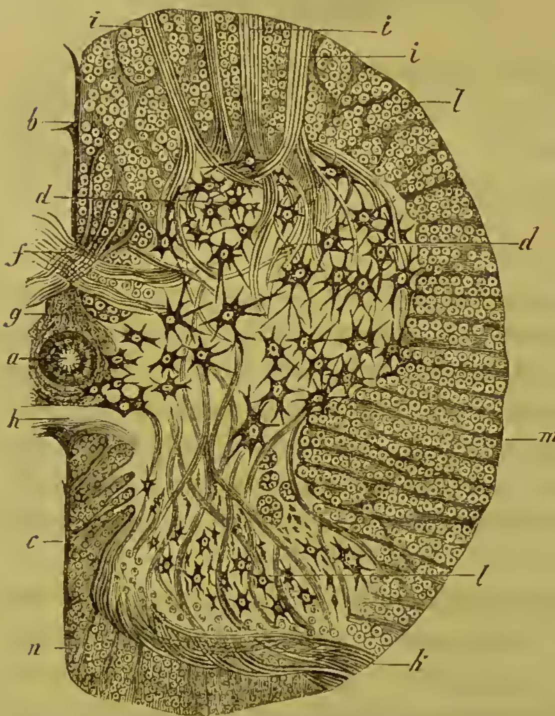
Stränge: Vorderstrang, Seitenstrang, Hinterstrang ist eine mehr künstliche. Die Entwickelungsgeschichte kennt (Kölliker, Bidder, Kupffer) nur zwei Stränge, den Vorder- und Hinterstrang, der Seitenstrang gehört grösstentheils zu dem Vorderstrange.

Am ganzen Halstheil der Hinterstränge finden sich noch zwei dunklere keilförmige Mittelstreifen: die Goll'schen Keilstränge.

Die beiden Hinterstränge werden bis zum grauen Kerne herab durch Bindegewebe und Blutgefässe von einander getrennt. Eine wahre hintere Längsspalte existirt beim Menschen nur an der Lendenanschwellung und der oberen Cervicalgegend. Die Fasern der weissen Substanz lassen einen verschiedenen Verlauf erkennen. Man findet wagrecht, der Länge nach und schief verlaufende Fasern.

Der grösste Theil des Rückenmarkes wird von den längslaufenden Nervenfasern gebildet. Sie verlaufen an der Oberfläche alle einander parallel, in den tieferen Schichten verflechten sie sich mehr unter einander und bilden feine Bündel. Sie nehmen von oben nach unten an Zahl ab, indem sie nach und nach von innen her in die graue Substenz eintreten.

Fig. 195. (*F.*)



Querschnitt durch die untere Hälfte des menschlichen Rückenmarks (nach Deiters). *a* Centralcanal; *b* Fissura anterior; *c* F. post.; *d* Vorderhorn mit den anschnlichen Ganglienzellen; *e* Hinterhorn mit kleineren; *f* vordere weisse Commissur; *g* Gerüstsubstanz um den Centralcanal; *h* hintere graue Commissur; *i* Bündel der vorderen und *k* hintere Spinalwurzel; *l* vorderer, *m* seitlicher und *n* Hinterstrang.

Die wagrechten und schiefen Fasern finden sich an der weissen Commissur. Sie laufen zum Theile in wagrechter Richtung quer oder schief vor dem Centralcanal hin, wobei sie sich häufig kreuzen und strahlen pinselförmig in die graue Substanz aus. Die tiefsten Nervenfasern der vorderen Stränge kreuzen sich ebenfalls und strahlen in die Vorderhörner der entgegengesetzten Rückenmarkshälfte aus. Ebenfalls wagerecht verlaufen die Wurzelfasern der Spinalnerven zwischen den Längsfasern hindurch und senken sich in die vorderen und hinteren Hörner der grauen Substanz ein.

Von der Verschiedenheit der Nervenzellen in der grauen Substanz ist schon die Rede gewesen. Die grössten Zellen finden sich in der Substantia gelatinosa und an der Spitze der vorderen Hörner, wo sie zu zwei oder mehr Gruppen vereinigt stehen, aber auch vereinzelt wie in der ganzen grauen Masse vorkommen (Fig. 195).

An der Aussenseite der vorderen Enden der Hinterhörner findet sich im ganzen Rückentheile des Rückenmarkes ein sehr deutlich abgegrenzter rundlicher Ganglienzellenhaufen, die Clarke'sche Säulen oder Stilling'sche Kerne

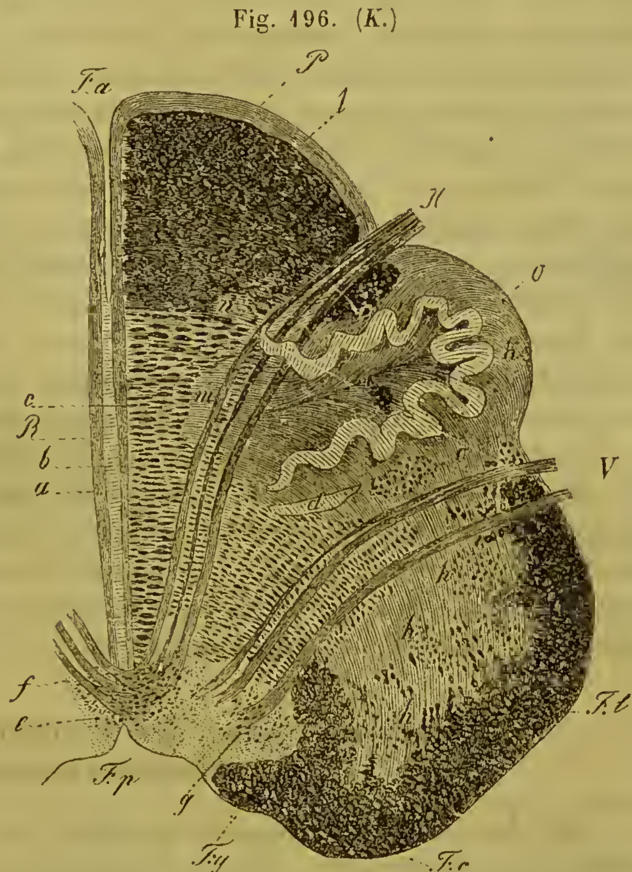
genannt werden. Diese Zellen sind etwas kleiner als die bisher besprochenen. Auch kleine, ächte Nervenzellen finden sich in der grauen Masse zerstreut.

Die von den Ganglienzellen entspringenden Fasern gehen theils in die Bahnen der Wurzeln aus den vorderen und hinteren Hörnern über, theils gehen sie wagerecht in die weissen Stränge ab. Es ist wohl unzweifelhaft, dass dieselben mit den Nervenfasern der Stränge und Wurzeln in Zusammenhang treten.

Die graue Substanz enthält ausser den Zellen noch eine Anzahl von Nervenfasern, die nach Kölliker mindestens die Hälfte der ganzen Masse ausmachen, in ihrem Verlaufe aber äusserst schwer zu bestimmen sind.

Im Gehirn und verlängertem Marke ist der Faserverlauf noch sowenig genau erforscht, dass er in einer Darstellung wie die unsrige nicht näher besprochen werden kann, um so weniger, als sich keine physiologischen Betrachtungen daran knüpfen lassen, die wir nicht schon in der allgemeinen Besprechung gemacht hätten.

Fig. 196. (*K.*)



Querschnitt durch das verlängerte Mark des Menschen, 5mal vergr. *P.* Pyramide. *O.* Olive. *F.l.* Seitenstrang. *F.c.* Keilstrang. *F.g.* Zarter Strang. *H.* Hypoglossus-, *V.* Vaguswurzeln. *F.a.* Fissura anterior. *F.p.* Fiss. posterior am Boden der Rautengrube. *R.* Raphe. *a.* Längsfasern der Raphe. *b.* Mittlere graue Lage mit Querfasern. *c.* Ausstrahlung dieser Fasern in den Olivenstrang und die Olive. *d.* Olivennebenkern. *e.* Hypoglossuskern. *f.* Kreuzung des Hypoglossus. *g.* Vaguskern *hhh.* Grössere Nervenzellen im strangförmigen Körper. *i.* Markmasse im Innern der Olive, zu den innern queren Fasern gehörend. *k.* Fibrae arciformes aussen an der Olive. *l.* Fibrae transversae aussen an der Pyramide. *m. n. o.* Graue Kerne in den Pyramiden und Olivarsträngen.

Im verlängerten Marke kehren die Verhältnisse des Rückenmarkes im Allgemeinen wieder, es findet sich aber hier noch eine kunstreichere Anordnung auf kleinerem Raume (Fig. 196), indem hier die Ansammlungen von Ganglienzellen vielmehr von einander gesondert sind und doch wieder eigenthümlich verbundene Zellensysteme darstellen. Nach Deiters ergiebt sich das allgemeine Gesetz, dass überall da, wo Fasermassen eine andere Richtung einschlagen, graue Massen dazwischen geschoben sind. Diese dienen den Fasern nicht als Endstationen, sondern als Knotenpuncte, von denen aus ein neues System von Fasern ausstrahlt.

Die Anordnungen im Gehirne sind durch das Einschieben von Centralapparaten für die Sinnesorgane noch complicirter geworden. Die graue Masse umgiebt hier die weisse, in der viele graue Kerne eingelagert sind. Die Grund-

verhältnisse mögen trotzdem aber auch hier die gleichen bleiben wie in Rückenmark und Gehirn. Nach Leydig's Darstellung, der wir hier folgen, treten die im Sehstreifen, Tractus opticus verlaufenden, centralleitenden Primitivfasern zunächst in die Kniehöcker des Gehirnes. Diese sind Anhäufungen von multipolaren Ganglienzellen, mit denen sich gewiss die bei weitem grösste Zahl der Sehnervenfasern vereinigt. Insbesondere der äussere Kniehöcker erscheint als ein höchst reicher Ganglienzellenapparat, der, wie er Fasern aus dem Streifenhügel aufnimmt, andere entlässt, welche durch die Arme der Vierhügel zu diesen treten. Die Vierhügel sind das zweite System von Ganglienzellenapparaten, mit denen die Sehnervenfasern Combinationen eingehen. Von diesen aus treten die Fasern in die Tiefe und es erfolgen Combinationen mit dem verlängerten Mark durch die Schleife — Laqueus — und Verbindungen mit Ganglienzellenhaufen auf dem Boden der Sylvischen Wasserleitung mit den Ganglien des Nervus oculomotorius. Endlich geht wenigstens ein grosser Theil der Ganglienzellen des Thalamus opticus als vierte Verbindung Combinationen mit den Sehnervenfasern ein. Ein anderes aus dem Sehhügel entspringendes System von Fasern vermittelt endlich die Verbindung mit dem Grosshirne. So haben wir also nach dieser Darstellung Einrichtungen, durch welche die auf die Enden der Retinafasern einwirkenden Eindrücke Bewegungen hervorbringen, welche Ganglienzellenapparaten in den Kniehöckern, Vierhügeln, Sehhügeln zur Verarbeitung überliefert werden, ehe sie schliesslich in das Grosshirn eintreten, um in den Kreis seelischer Wahrnehmungen als vollendete Gesichtsvorstellung zu gelangen.

Schon aus diesem einzigen Beispiele, das sicher noch nicht alle Verbindungswege beschreibt, welche wirklich vorhanden sind, geht hervor, wie enorm complicirt wir uns die Einrichtung des Gehirnes zu denken haben. Es mag genügen, um uns einen ersten Einblick in diese noch fast ganz unaufgedeckten Verwickelungen zu gewähren.

Zusammenstellung der Functionen der Hirn- und Rückenmarksnerven.

Bei den einzelnen Organen wurden die Wirkungen der Nerven schon ausführlich abgehandelt. Es bedarf hier nur noch einer übersichtlichen Zusammenstellung der gefundenen Thatsachen.

I. Hirnnerven.

1) Nervus olfactorius, der Riechnerve.

2) Nervus opticus, Sehnerve. Erregt reflectorisch den N. oculomotorius, dessen zum Sphincter pupillae gehende Fasern.

3) Nervus abducens, motorischer Nerve für den Musculus abducens des Auges (Musculus rectus oculi externus).

4) Nervus trochlearis, motorischer Nerve für den Musculus trochlearis des Auges (Musculus obliquus oculi superior).

5) Nervus oculomotorius, motorischer Nerve für die meisten Augenmuskeln: Mm. rectus superior, inferior, internus, M. obliquus inferior, M. levator palpebrae superioris.

Er innervirt auch den Ringmuskel der Pupille, den Sphincter iridis s. pupillae und den Accommodationsmuskel: Tensor chorioideae. Seine Reizung erzeugt eine Verengerung der Pupille (Erweiterung der Pupille erfolgt durch Sympathicusreizung). Bei Lähmung des Oculomotorius ist also die Augapfelbewegung gelähmt und die Pupille erweitert. Manchmal sind die Irisfasern von der allgemeinen Oculomotoriuslähmung nicht getroffen: die Pupille normal beweglich.

6) Nervus trigeminus. Er besitzt sensible und motorische Fasern. Er entspringt nach Analogie der Rückenmarksnerven mit zwei Wurzeln, einer sensiblen: Portio major, welche wie die Rückenmarksnerven ein Ganglion: G. Gasseri besitzt, und einer motorischen Wurzel: Portio minor.

a. Centripetalleitende Fasern.

Er vermittelt die Empfindung in der Dura mater, der Augenhöhle und ihrer Umgebung, der Stirn, dem ganzen Gesichte, dem vorderen Theil des äusseren Ohres, dem äusseren Gehörgang, der Schläfengegend, dem oberen Theile der Rachenhöhle, der Nasenhöhle, dem harten Gaumen, der Zunge, den Zähnen, dem Boden der Mundhöhle.

Er ist Geschmacksnerve in den von ihm versorgten Theilen der Zunge, welche keine Zweige des Glossopharyngeus erhalten. Der Glossopharyngeus verbreitet sich nur im hinteren Theile des Zungenrückens.

b. Centrifugalleitende Fasern.

I. Er ist der motorische Nerve für die Mm. temporalis, masseter, pterygoideus, digastricus anterior maxillae, tensor und levator palati, tensor tympani, mylohyoideus. Auch zum M. buccinator geht ein Zweig.

Er hat Fasern, welche von Einfluss auf die Pupille sind. Nach Durchschneidung des Ganglion Gasseri tritt Pupillarverengerung ein (durch Reflex auf den Oculomotorius?)

II. Er ist der secretorische Nerve für die Thränendrüse (R. lacrimalis N. trigemini) und die Parotis (R. auriculo-temporalis vom IIIten Aste des N. trigeminus).

Er steht in reflectorischer Beziehung zur Speichelsecretion durch Vermittelung des Ganglion linguale und des Gehirnes.

III. Er ist trophischer Nerve für das Auge, Lippen etc., wahrscheinlich durch Vermittelung der Empfindlichkeit in diesen Organen.

7) Nervus facialis. Er besitzt motorische und secretorische Fasern. Empfindungsfasern werden ihm bei seinem Lauf durch das Felsenbein vom Trigeminus, vielleicht auch Vagus beigemischt.

Er ist motorischer Nerve für den M. stapedius, die Muskeln des äusseren Ohres, die Muskeln der Stirn mit dem M. corrugator und orbicularis, für die Muskeln der Nase, des Gesichts, des Munds, für den hinteren Bauch des M. digastricus, für die Mm. stylohyoideus, buccinator, Platysma, Muskeln des Kinnes. Auch einige Gaumenmuskeln scheint er zu bewegen.

Seine Chorda tympani steht in Beziehung zur Speichelsecretion, in Verbindung mit dem Trigeminus und dem Ganglion linguale.

Der Chorda tympani schreibt man auch Geschmacksempfindung zu.

8) Nervus acusticus, Gehörnerve.

9) Nervus glossopharyngeus. Er ist ein gemischter Nerve.

Seine motorischen Fasern (Bischoff) gehen zu den Mm. stylopharyngeus, constrictor faucium medius, levator palati mollis und azygos uvulae.

Er scheint das Gefühl in den hinteren Abschnitten der Zunge zu vermitteln, und ist dort Geschmacksnerve. Es steht in reflectorischer Beziehung zur Speichelsecretion. Ludwig und Rahn reizten das centrale Ende des durchschnittenen Glossopharyngeus und erhielten dadurch lebhafte Speichelsecretion, welche durch den Trigeminus und Facialis vom Gehirne her vermittelt wurde. Nach der Durchschneidung dieser Nerven hörte die Reflexerregung auf.

10) Nervus vagus. Er hat wahre motorische Fasern. Bei mechanischer Erregung der Wurzelfäden des Vagus kommen in Action: Mm. constrictor pharyngis supremus, medius und infimus, der Oesophagus, Muskeln des weichen Gaumens: levator veli palati, azygos uvulae und M. pharyngopalatinus; der Magen und der obere Theil des Dünndarms. Galvanische Reizung des Vagus erregte auch die Kehlkopfmuskeln (?), auch einen Einfluss des Vagus auf die Bronchienmusculatur hat man behauptet (?).

Er besitzt sensible Fasern für die Schleimhaut des Kehlkopfs und der Luftröhre. Betupfen der Trachealschleimhaut mit reizenden Flüssigkeiten erzeugt Husten, der nach der Vagusdurchschneidung wegfällt. Er vermittelt die Empfindlichkeit des Herzens.

Am Halstheile des Vagus hat man Folgendes experimentell festgestellt.

a. Er regulirt die Herzbewegung, er ist ein Hemmungsnerve der Herzbewegung. Seine Durchschneidung am Halse beschleunigt, die Reizung des peripherischen Endes des durchschnittenen Nerven verlangsamt die Herzbewegung und bringt sie ganz zum Stillstand (der Vagus ist hierin der genaue Antagonist des Sympathicus [Bezold]). Er kann zu dieser Function reflectorisch von der Haut aus erregt werden (Klopfversuch).

b. Ein hochabgehender Zweig: Nervus depressor setzt durch Verminderung des Tonus der Gefässnerven, die Widerstände in der Blutbahn herab. Dieses erfolgt durch centripetal geleitete Reizung, die Durchschneidung des N. depressor ist erfolglos, der Effect zeigt sich nur bei Reizung des centralen Depressorstumpfes.

c. Er steht in reflectorischer Beziehung zum Centrum der Athembewegungen. Bei Durchschneidung des Vagus sinkt die Athemfrequenz. Reizung des centralen Vagusstumpfes bewirkt Beschleunigung, zuletzt Stillstand in Inspirationsstellung.

d. Reizung des centralen Stumpfes des R. laryngeus superior bringt Verlangsamung der Athembewegungen und Stillstand in der Exspiration hervor.

e. Er soll der trophische Nerve der Lunge sein. Nach seiner Durchschneidung sieht man schleimige und seröse, selbst blutige Ergüsse in den Bronchien und Alveolen, die Lunge ist theilweise atelektatisch. Wie diese trophischen Einflüsse zu verstehen sind, ist noch nicht sicher gestellt.

f. Nach Durchschneidung der Vagi treten Störungen in der Verdauung ein. Der Grund liegt vor allem in der Lähmung der Oesophagus- und Magenmusculatur, wodurch die Speisemischung nicht genügend erfolgt. Die

Magensaftabsonderung scheint von ihm unabhängig zu sein. Er soll Hunger- und Durstgefühl vermitteln.

g. Der Ramus auricularis vagi steht in reflectorischer Beziehung zu der Gefässmusculatur des Ohres (Snellen, Lovén). Die Reizung des centralen Stumpfes desselben bedingt zuerst Verengerung, dann Erweiterung der betreffenden Gefässe.

11) Nervus hypoglossus. Er ist wesentlich motorischer Nerve für die Mm. styloglossus, hyoglossus, genioglossus, lingualis, thyreohyoideus, sternohyoideus, sternothyreoideus und omohyoideus.

Er hat auch sensible Fasern und einen Ramus cardiacus von unbekannter Bedeutung.

12) Nervus accessorius. Er soll die Mm. sternocleidomastoideus und cucularis innerviren. Nach Bischoff auch die Kehlkopfmuskeln.

Sensibilität geht ihm vielleicht ganz ab.

II. Rückenmarksnerven.

Im Jahre 1814 hat der Engländer Ch. Bell die äusserst wichtige Entdeckung gemacht, dass von den beiden Wurzeln, mit denen die 31 Paare der Rückenmarksnerven entspringen, die vordere der Bewegung, die hintere der Empfindung dient. Man nennt die Thatsache, welche sich am besten durch mechanische Reizung der Nervenwurzeln innerhalb des aufgebrochenen Rückencanals nachweisen lässt, **Bell'sches Gesetz**.

Magendie hat zuerst beobachtet, dass sich sensible Fasern von der hinteren Wurzel auf die vordere begeben und so zum Rückenmarke zurückkehren. Sie ertheilen den vorderen Wurzeln einige Empfindlichkeit, die sich aber nur zeigt, solange die hinteren Wurzeln intact sind. Durchschneidet man diese und trennt dadurch die »rückläufigen« empfindenden Fasern von ihrer Verbindung mit dem Rückenmarke, so hört die Empfindlichkeit der vorderen Wurzeln auf. Man bezeichnet diese Empfindlichkeit der motorischen Wurzeln, welche, wie man erkennt, dem Bell'schen Gesetze keinen Eintrag thut, als »rückläufige Empfindlichkeit«: Sensibilité recurrante.

E. Cyon und Harless haben gefunden, dass durch Vermittelung der hinteren Wurzeln den vorderen eine erhöhte Erregbarkeit ertheilt werde. Schnitte durch Hirn und Rückenmark bewirkten bei unverschrten hinteren Wurzeln Sinken der Erregbarkeit der vorderen, nach Durchschneidung der hinteren Wurzeln waren sie wirkungslos. Die Orte, wo diese Einwirkung von den hinteren Wurzeln auf die vorderen übertragen wird, scheinen danach in der ganzen Rückenmarksaxe vertheilt zu sein.

Im Allgemeinen gilt von der Verbreitung der Rückenmarksnerven Folgendes:

Niemals reicht der Verbreitungsbezirk eines einzelnen Rückenmarksnerven über die Mittellinie des Körpers hinaus. Es ergiebt sich dieses für den Menschen vor allem aus der Prüfung des Tastsinnes einseitig Gelähmter.

Jeder Muskel und jedes Hautstück erhalten ihre Nervenfäden von verschiedenen Nervenwurzeln, sodass die Lähmung eines Rückenmarksnerven

nicht mit Nothwendigkeit eine vollkommene Bewegungs- und Empfindungslähmung der von ihm versorgten Theile bedingt (Halblähmung).

Es gilt ziemlich allseitig das Verbreitungsgesetz, dass die sensiblen Fasern eines Rückenmarksnerven sich an die Hautstellen verbreiten, welche über den Muskeln liegen, welche von den motorischen Fasern derselben Nerven versorgt werden.

Die Rückenmarksnerven geben vasomotorische Fasern für die meisten Arterien ab, diese scheinen aber von den Rami communicantes vom Sympathicus aus auf die Rückenmarksnerven überzutreten, sodass sie also vom Sympathicus abstammen (s. Sympathicus).

Bei den folgenden Nerven ist ebenfalls noch nicht entschieden, was von ihren Effecten dem Sympathicus und was dem Rückenmark zugeschrieben werden muss.

Der Nervus phrenicus, Zwerchfellsnerve. Er ist gemischter Natur, seine Reizung und Durchschneidung ist schmerzhaft. Seine Durchschneidung erzeugt beschleunigtes Athmen, Athembeschwerden, die Thiere sterben bald. Nach Luschka gehen Fasern zum serösen Leberüberzug.

Die Nerven der Blase. Die Bewegungsfasern laufen in den Sacralnerven. Die Empfindungsfasern sollen entstammen den Rami communicantes, welche in den Lendentheil des Sympathicus eintreten. Öhl will auf Reizung des centralen Vagusendes reflectorisch eine Verengerung der Blase erhalten haben; nach Budge soll die Blasenmusculatur vom verlängerten Marke aus erregbar sein.

Die Nerven des Samenleiters stammen nach Budge vom 4—5. Lendennerven (bei dem Kaninchen) und verbinden sich durch die Rami communicantes mit dem Sympathicus. Innerhalb des Rückenmarks sollen sie mit einem Centrum genitospinale verknüpft sein. Budge verlegt dieses in die Gegend des 4ten Lendenwirbels.

Die Nerven des Uterus. Man hat den Uterus von verschiedenen Stellen des Rückenmarks, dem verlängerten Mark, dem kleinen Gehirn, der Brücke in Bewegung gesetzt. Die Bewegungen erfolgen am leichtesten vom Lendenmarke aus. Nach Trennung der Sacraläste der Plexus hypogastrici posteriores hören die rhythmischen Bewegungen nach einiger Zeit auf. Die Reizung der Sacralnerven bringt den Uterus zur Bewegung (Obernier, Kehrer, Körner).

Die erigirenden Nerven. Eckhard bestätigte die langgehegte Vermuthung, dass die Erection des Penis durch Rückenmarksnerven zu Stande komme (da die Erection bei Rückenmarksleiden unmöglich ist), dadurch, dass er einen aus dem Sacralplexus bei dem Hunde entspringenden Nerven kennen lehrte, welcher bei Reizung eine starke Beschleunigung des Blutstromes im Penis erzeugt.

Der Nervus pudendus communis scheint ein Antagonist dieses eben genannten Nerven zu sein. Auf seine Durchschneidung folgt nämlich eine Erweiterung der Arteria dorsalis penis (Lovén) und die Pulsation in ihr wird lebhafter. Seine Erregung würde also den Blutzufluss zum Penis hemmen, Verminderung der normalen Erregung (wie die Durchschneidung) dieses Nerven die Erection begünstigen.

Gerlach's neue Entdeckungen über die Anatomie des menschlichen Rückenmarkes.

In der neuesten Zeit hat die Anatomie des menschlichen Rückenmarkes einen bedeutenden Fortschritt durch die Entdeckungen Gerlach's gemacht. Es ist diesem Forscher gelungen durch Anwendung einer verdünnten mit Goldchloridkaliumlösung den Faserverlauf der Nerven im Rückenmarke einer bisher noch niemals erreichten Klarheit darzulegen. Die Nervenfasern färben sich dunkelviolett während die Bindesubstanz blassblau bleibt. Die so gewonnenen Präparate können, »was Schärfe der Zeichnung in dem Verlaufe und intensive Färbung der Fasern betrifft, den besten Gefässinjectionen mit Carminammoniak an die Seite gestellt werden«.

Gewiss werden die Bereicherungen der Wissenschaft durch diese Methode auf einem der bisher dunkelsten Gebiete noch sehr bedeutende sein, schon jetzt hat Gerlach in kurzen Sätzen Resultate seiner Methode formulirt, welche neue Antworten auf dringende Fragen der Physiologie rücksichtlich des Faserverlaufes in dem Cerebrospinalorgan ertheilen. Wir schliessen uns seiner Darstellung möglichst wörtlich an.

1. Ausser den drei bekannten Formbestandtheilen, den Nervenfasern, den Nervenzellen und der Bindesubstanz, nimmt an der Bildung der grauen Substanz einen wesentlichen Antheil ein Netz äusserst feiner Fasern, welches aus feinsten Nervenfasern zusammengesetzt ist. Die Beweismittel dafür sind einmal die exquisit dunkelviolette Färbung der Fasern, welche dieses Netz zusammensetzen nach der Behandlung mit der Goldlösung, und dann der Umstand, dass, wie namentlich in ganz exquisiter Weise an Längsschnitten zu sehen ist, Nervenfasern, welche den hinteren Wurzeln angehören, nach wiederholten Theilnngen an der Bildung dieses Netzes Theil nehmen.

2. Aus diesem Netze entwickeln sich stärkere Nervenfasern, welche nach einem längeren oder kürzeren Verlaufe in der grauen Substanz sich an die Stränge der weissen Substanz anlegen.

3. In dieses Netz treten ferner die feinsten Ausläufer der Nervenzellen ein, welche Deiters vielleicht nicht ganz passend Protoplasmafortsätze nannte. Uebrigens sind die Beobachtungen dieses Forschers rücksichtlich der Nervenzellen durchaus richtig. Jede Nervenzelle des Rückenmarkes hat einen stärkeren ungetheilt verlaufenden Fortsatz, der zur Axenfaser einer Nervenröhre wird. An Isolirungs-Präparaten hat Gerlach an diesem Fortsatz die Anlagerung von Nervenmark direct beobachtet und bereits photographisch fixirt. Sämmtliche Nervenfasern, welche von diesem einen ungetheilten Fortsatz der Nervenzellen entspringen, treten in die Bahnen der vorderen Wurzeln ein. Die übrigen Fortsätze der Nervenzellen zerfallen durch wiederholte Theilungen in äusserst feine Fäserchen, an welchen man zuweilen auch, wie Deiters ganz richtig gesehen, eine Anlagerung von Nervenmark beobachtet, wodurch sie den Typus feinster varicöser Nervenfasern erhalten. Diese äusserst feinen Ausläufer der Nervenzellen betheiligen sich an der Bildung des beschriebenen Netzes, dessen constituirende Fasern an Chrompräparaten zum Theil als nackte Axenfasern, zum Theil aber auch als feinste varicöse, also markhaltige Nervenfasern erscheinen.

4. Dieses Netz findet sich in sämmtlichen Theilen der grauen Substanz des Rückenmarkes mit Ausnahme der nächsten Umgebung des Centralcanales

und der Substantia gelatinosa. Was zunächst die erstere betrifft, so bietet sich hier die geeignetste Stelle zur Beobachtung der Structur der Bindesubstanz, da sich dieselbe hier am freiesten von der Beimengung anderer Gewebselemente erhält. Die Neuroglia der grauen Substanz des Rückenmarks beteht aus einer äussert feinkörnigen Grundmasse, welche am besten, wie jene des hyalinen Knorpels mit einem matt geschliffenen Glase verglichen werden kann, und wenigen klümpchenähnlichen cytoiden Elementen, von denen einzelne in ähnlicher Weise, wie Gerlach dieses früher an dem Aquaeductus Sylvii gezeigt hat, mit den fadenförmigen Anhängen der Epithelialzellen des Centralcanals in Verbindung stehen. Da das feine Nervennetz sowie Nervenfasern überhaupt in der nächsten Umgebung des Centralcanals vollkommen fehlen, so ist natürlich die Ansicht jener Histologen, welche einen Zusammenhang der erwähnten epithelialen Anhänge mit Nervenfasern vermuthen, vollkommen unhaltbar. In der Substantia gelatinosa ist die Bindesubstanz durch Züge der sie durchsetzenden hinteren Wurzelfasern durchbrochen. Diese letzteren gehen aber nur durch, theilen sich in der gelatinösen Substanz nicht und bilden durchaus keine die Substanz nach allen Richtungen durchsetzenden Netze. Der Mangel dieser Netze begründet allein den wesentlichen, bisher immer noch nicht hinreichend aufgeklärten Unterschied zwischen der Substantia gelatinosa und der übrigen grauen Substanz des Rückenmarks. Dagegen sind hier die zelligen Elemente der Bindesubstanz reichlicher vorhanden, als in der Umgebung des Centralcanals; dieselben haben hier wie dort gleiche Grösse und Beschaffenheit; Fortsätze oder Ausläufer konnte Gerlach an ihnen in der Substantia gelatinosa nicht sehen.

5. In der grauen Comissur, welche zum grösseren Theile hinter, zum kleineren vor dem Centralcanal liegt, scheint ein eigenthümliches Netz feinster Nervenfasern gleichfalls zu fehlen; dagegen kommen hier etwas breitere, wenngleich immer noch sehr feine Nervenfasern vor, welche theils horizontal von einer Rückenmarkshälfte zur anderen, theils vertical verlaufen. Die ersteren finden sich sowohl hinter, wie vor der vollkommen nervenfreien Neuroglia des Centralcanales und unterscheiden sich an letzterer Stelle auffallend durch ihre Feinheit von den breiteren Fasern der vorderen weissen Comissur, hinter welcher dieselben unmittelbar liegen. Diese horizontalen, die Medianebene passirenden Fasern legen sich zum Theil an die Hinterstränge an, zum Theil gehen sie in jene Partie des nervösen Fasernetzes über, welche zwischen Vorder- und Hinterhörnern in der grauen Substanz des Rückenmarks liegt. Die verticalen Fasern sind von gleicher Feinheit, aber weniger zahlreich als die horizontalen. An Längsschnitten kann man dieselben in ihrem verticalen Verlaufe sehr lange verfolgen; am wahrscheinlichsten ist es, dass sich dieselben schliesslich an die Hinterstränge anlegen.

6. In der vorderen oder weissen Comissur passiren die hier ziemlich breiten horizontal verlaufenden Nervenfasern nicht nur die Medianebene, sondern die am weitesten nach hinten eingetretenen Fasern verlassen die weisse Comissur am weitesten nach vorn und umgekehrt, oder mit anderen Worten, der Faserverlauf in der vorderen Comissur ist nicht nur von rechts nach links, sondern auch schräg von hinten nach vorn gerichtet. Dieses Verhalten hängt damit zusammen, dass an der Bildung der vorderen Comissur nicht nur Fasern

betheiligt sind, welche den Vordersträngen angehören, sondern auch solche, die aus der grauen Substanz des Rückenmarks kommen. Diese letzteren treten hinten ein, passiren die Medianebene in schräger Richtung, um vorn austretend in den Vordersträngen aufwärts zu steigen. In einzelnen Abschnitten des Rückenmarks liegen den horizontalen Fasern der vorderen Comissur sehr nahe verticale Längsbündel der weissen Substanz. Die vordere Comissur ist demnach wirklich als Kreuzung der Fasern der Vorderstränge zu betrachten. Dieselbe ist, da die Kreuzung entlang des ganzen Rückenmarkes vor sich geht, nur schmal im Verhältniss zu der massenhaften, aber nur auf eine kurze Strecke zusammengedrängten Pyramidenkreuznng, in welcher die Fasern der Seitenstränge gleichfalls von hinten nach vorn in schräger Richtung die Medianebene passiren.

7. Die vorderen Wurzelfasern treten sämmtlich, ohne sich an die Stränge der weissen Substanz anzulegen, in die graue Substanz und verfolgen hier verschiedene Richtungen, die in Beziehung stehen mit den Gruppen oder Nestern von Nervenzellen der grauen Substanz. Da die Lagerung dieser Gruppen in verschiedenen Partien des Rückenmarks eine wechselnde ist, so ändert sich damit auch der Verlauf der vorderen Wurzelfasern in der grauen Substanz. Die Hauptrichtung dieser Faserzüge geht jedoch nach rückwärts und auswärts, wobei es aber niemals zu einem directen Uebergang in Fasern, welche den hinteren Wurzeln angehören, kommt. Die Faserzüge der vorderen Wurzeln, welche nicht in der gleichen Ebene liegen bleiben und daher an Querschnitten auch nicht auf längere Strecken zu verfolgen sind, bilden Halbkreise um die Gruppen von Nervenzellen und die Fasern derselben treten dann in dieselben ein, um sich nachdem sie vorher eine kurze Strecke auf- und vielleicht auch abwärts verlaufen sind, mit dem ungetheilten von Deiters zuerst richtig gewürdigten Fortsatz der Nervenzellen zu verbinden. Wegen der verschiedenen Ebenen, in welchen diese Fasern verlaufen, ist es immer nur ein glücklicher Zufall, wenn man eine solche Verbindung beobachten kann; am ehesten gelingt es noch an jenen Nervenzellengruppen, die nach aussen und etwas nach hinten von dem Centralcanal gelegen in dem Dorsalmark unter dem Namen der Clarke'schen Säulen bekannt sind. Von diesen gehen ziemlich wagerecht verlaufende Fasern nach aussen ab, die Gerlach in einem Falle bis in die vorderen Wurzeln verfolgen konnte.

8. Die hinteren Wurzelfasern treten zum Theil direct zur gelatinösen Substanz, zum Theil durchsetzen sie die Hinterstränge und gelangen auf diesem Wege erst in die graue Substanz. In derselben betheiligt sich die grössere Hälfte dieser Fasern nach wiederholten Theilungen, welche hier ziemlich leicht zu beobachten sind, an der Bildung des schon öfter erwähnten feinen Fasernetzes und tritt vermittelst desselben mit Nervenzellen in Verbindung. Die kleinere Hälfte legt sich an weisse Strangbildungen an, welche in der grauen Substanz der Hinterhörner vorkommen. Der weitere Verlauf dieser Fasern ist bis jetzt unklar geblieben und die Entscheidung der Frage, ob diese Abtheilung der hinteren Wurzelfasern direct zum Gehirn aufsteigt oder vorher auch in das feine Nervenfasernetz der grauen Substanz eintritt, ist von der weiteren Untersuchungen gelungener Längsschnitte zu erwarten.

Einunddreissigstes Capitel.

Sympathicus.

Zum Bau des Sympathicus.

Ueberall wo wir Ganglienzellen wahrnehmen, haben wir auch nervöse Centralorgane vor uns.

Die Ganglienzelle ist es, auf welche die Bewegung der sensiblen Nerven sich als elementarer Empfindungsvorgang überträgt; welche, direct oder indirect durch Bewegungsübertragung in den thätigen Zustand versetzt, wieder entweder peripherisch auf motorische oder secretorische Fasern ihren eigenen Bewegungszustand vermittelt, der dadurch Veranlassung wird zur Thätigkeit der peripherischen Erfolgsorgane: Muskel oder Drüse, — oder welche centripetal einen Bewegungszustand fortleitet zu centralen Erfolgsorganen — anderen Ganglienzellen —, in denen die Bewegung schliesslich zum Bewusstsein gelangt.

Fig. 197. (*F.*)



Ein sympathisches Ganglion des Säugethiers, schematisirt. *a. b. c* Die Nervenstämme; *d* multipolare Zellen (*d** eine mit sich theilender Nervenfaser); *e* unipolare; *f* apolare.

Wir finden an vielen Stellen des Körpers ausserhalb der eigentlichen nervösen Centralorgane Ganglienzellen einzeln oder in Gruppen vereinigt mit Nervenfasern in Verbindung stehend; wir können nicht umhin, auch diese Gebilde für nervöse Centralorgane von ähnlicher Dignität wie die im Rückenmark und Gehirn gelegenen, zu halten (Fig. 197.).

Diese Ganglienzellen finden sich vor allem an den der Willkür entzogenen Bewegungsorganen des Körpers also vor allem in den glatten Muskelfasern; sie bewegen den Darm und alle Eingeweide, das Herz etc., sie kommen aber auch sonst am peripherischen Nervensystem in ziemlicher Menge vor. In den nervösen Endapparaten der Sinnesorgane trafen wir überall auf Zellen, welche sich durch den Zusammenhang mit Nervenfasern als wahre Nerven- oder Ganglienzellen ducumentiren.

Die genannten Bewegungsorgane haben in ihren Ganglienzellen gleichsam kleine, eigene Gehirne und Rückenmarke, die ihre Bewegungen vermitteln auch dann noch, wenn die betreffenden Organe ganz dem Einfluss der grossen Nervencentren entzogen sind. Ein ausgeschnittenes Froschherz schlägt noch, angetrieben durch die in ihm gelegenen Ganglien, stundenlang fort; nach der Zerstörung des Rückenmarkes bei Fröschen haben die organischen Vorgänge der Verdauung, der Secretionen, der Blutcirculation, der grösste Theil der unwillkürlichen Bewegungen ungestört ihren Fortgang (Bidder).

Die Mehrzahl dieser Zellen und Nervenfasern, auf deren stillem Einflusse die eigentlich organischen, unwillkürlichen Bewegungen und Vorgänge beruhen, werden unter einem besonderen Namen von dem übrigen Nervensysteme getrennt, obwohl sie mit diesen auf das Innigste zusammenhängen. So unbewusst im normalen Verlaufe die unserem Willen nicht unterworfenen Thätigkeiten unseres Körpers vor sich gehen, so schmerzlich können sie sich bei krankhaften Störungen der Organfunctionen unserem Bewusstsein aufdrängen zum Beweise, dass die Nerven der betreffenden Organe, wenn sie auch in Folge des Besitzes ihrer eignen Ganglien eine gewisse Selbständigkeit zu erkennen geben, doch mit dem Sensorium oder vielmehr mit den Zellen der grauen Masse der Grosshirnhemisphären in directem Zusammenhange stehen. Diese Verbindung documentirt sich auch schon darin, dass wir, obgleich uns ein directer willkürlicher Einfluss auf diese Ganglienнerven nicht zukommt, ihre Thätigkeit doch gleichsam auf Umwegen zu modificiren vermögen. Jedermann kennt den Einfluss, den unsere Gemüthsstimmung z. B. auf die Herzbewegung oder die Verdauung auszuüben vermag.

Diese Ganglienнerven werden als Sympathicus beschrieben.

In anatomischer Beziehung rechtfertigt sich diese Abtrennung der betreffenden Nervenzellen und Nerven von dem übrigen Nervensysteme dadurch, dass sie durch sehr viele in ihren Ganglien entspringende feine Nervenfasern, Ganglienfasern des Sympathicus wirklich eine Selbständigkeit für sich in Anspruch nehmen. Doch nehmen sie auch wie gesagt eine Anzahl von Fasern in sich auf, mit denen sie mit dem Gehirn und Rückenmarke in Verbindung stehen.

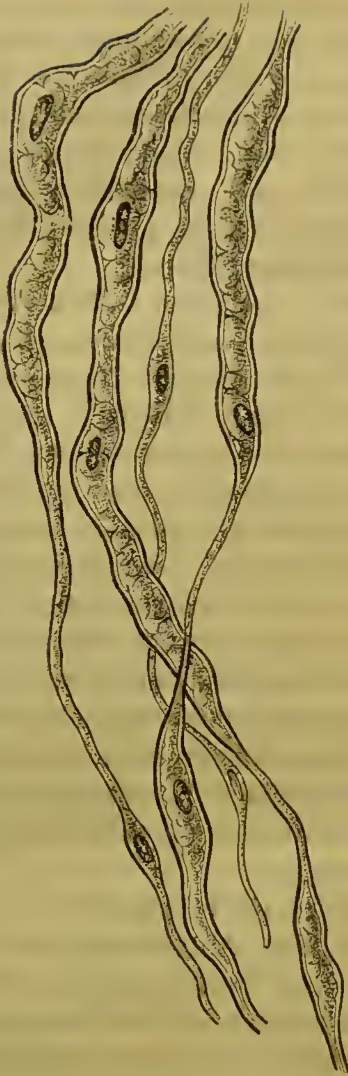
Die Hauptmasse des Sympathicus ist bei dem Menschen in zwei Nervenstämme vereinigt, von denen man jeden als Grenzstrang des Sympathicus bezeichnet. In regelmässigen Abständen schwillt er zu Ganglien, Zellenanhäufungen, an, welche neben den Ganglienzellen aus in diesen entstandenen Nervenfasern und aus einer Anzahl das Ganglion nur passirender Rückenmarksfasern bestehen.

Die eigentlichen sympathischen Nervenfasern sind meist schmal (Fig. 198.). Die Ganglienzellen des Sympathicus zeichnen sich dadurch aus, dass sie meist rundlich gestaltet sind (Fig. 199.).

Sie sind neuerdings von Arnold, Beale, Courvoisier u. A. untersucht worden. Sie besitzen keine Zellmembran und sind halbsolide Körper. Stets haben sie Fortsätze, die sich als Nerven kennzeichnen, sie sind also niemals apolar. An jedem Pole (Holopole) entspringen zwei Fasern.

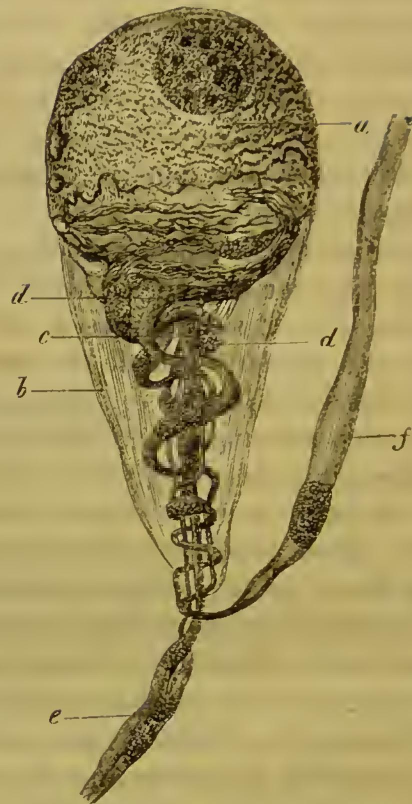
Courvoisier fasst die bisherigen Resultate der Untersuchung in folgende Sätze:

Fig. 198.



Gangliennervenfasern nach COURVOISIER.

Fig. 199. (*F.*)



Ganglienzelle aus dem Sympathicus des Laubfrosches (nach BEALE). *a* Zellenkörper; *b* Hülle; *c* gerade nervöse Faser und *d* spiralige Fasern; Fortsetzung der ersteren *e* und der letzteren *f*.

Die sympathischen Zellen der Wirbelthiere stehen entweder blos an einem Pol (Holopol) — so beim Frosch — oder an mehr als zweien — so bei den übrigen Wirbelthieren — in Verbindung mit je zwei Fasern, deren eine: die Gerade, nach Verlust oder Verringerung ihrer Fettscheide die Zellensubstanz durchsetzt und im Nucleus endet, während die andere: die Spiralige mit dem Nucleolus durch ein »Fadennetz« sich in Zusammenhang setzt, das die Zelle anastomosirend umspinnt und im Nucleolus in sternförmiger Figur endet. An anderen Stellen (Hemipolen) entspringen auch aus dem Fadennetz Fasern (Commissurenfäden), welche diese Zelle mit anderen sympathischen Zellen verbinden.

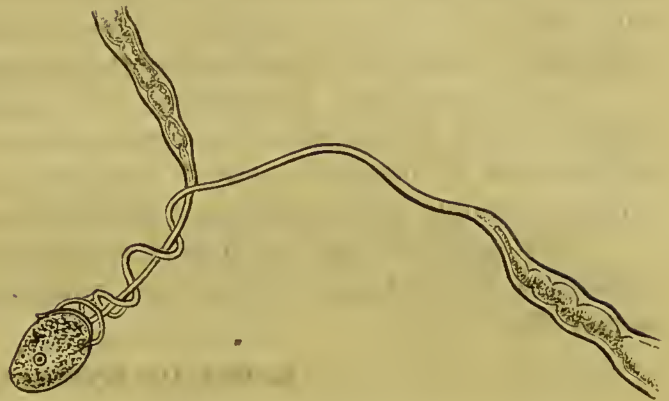
Die geraden Fasern der sympathischen Zellen sind cerebrospinal, d. h. sie entstammen den Zellen des Rückenmarks, der Spinal- und Gehirnnervenganglien und treten in sympathische Zellen ein. Die Spiralfasern sind eben so gut als die ihnen durch Ursprung verwandten Commissurenfäden ächt sympathisch und treten aus den Zellen des Sympathicus aus, um entweder Visceraläste der letzteren oder Spinalnerven zu verstärken, oder endlich in's Gehirn oder Rückenmark zu gehen (Fig. 200.).

Es ist damit ein Zusammenhang des Sympathicus mit den nervösen Centralorganen statuirt. COURVOISIER's Untersuchungen basiren vorzüglich auf Durchschneidungen von Nerven, deren peripherisches Ende dann fettig degenerirt, sodass man aus dem mikroskopischen Befund die Nervenverlaufsrichtung bestimmen kann.

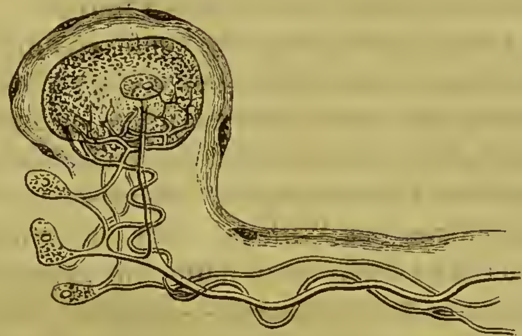
In der peripherischen Ausbreitung, den Aesten des Grenzstranges kommen eigenthümliche, gelatinös aussehende, kernhaltige Fasern vor, die REMAK'schen oder gangliösen Fasern, die nach KÖLLIKER marklose Nervenfasern sind, soweit die als gangliöse Fasern beschriebenen Gebilde nicht der Bindesubstanz zugerechnet werden müssen.

Fig. 200

I.



II.



III.



Ganglienzellen aus dem Sympathicus nach COURVOISIER. I. Darstellung eines Holopol vergleiche auch die vorstehende Abbildung nach BEALE. II. und III. Verbindungsweisen von Zellen durch Commissurenfäden, in II. sind die drei mit der grossen Zelle verbundenen Zellen sehr klein.

In der peripherischen Ausbreitung, des Sympathicus findet sich noch eine grosse Zahl von mikroskopischen Ganglien, Anhäufungen von Ganglienzellen, welche den am Grenzstrang mit freiem Auge sichtbaren in ihrem inneren Bau ganz gleich zu stellen sind. KÖLLIKER stellt diese mikroskopischen Ganglien zusammen. Sie finden sich nach ihm an den

Nervi carotici,
im Plexus pharyngeus,
im Herzen,
an der Lungenwurzel und
hie und da an den Lungen,
an der hinteren Wand der Harnblase,
am Uterushals des Schweines,
an den Plexus cavernosi,
in der Darmwand (REMAK, MEISSNER),
den Lymphdrüsen (SCHAFFNER),
am Ureter,
dem Vas deferens, dem Pancreaticus und den Gallengängen
bei Vögeln (MANZ).

Namentlich an der Scheidewand des Froschherzens sind diese Ganglienzellen auch für weniger geübte Mikroskopiker leicht zu finden und in ihrem Verhalten zu studiren. Hier zeigen sich die Zellen bei weniger genauer Isolirung meist nur mit einem Fortsatze versehen, viele erscheinen ganz ohne Fortsätze, nur sehr selten lassen sich doppelte Faserursprünge an den Zellen erblicken.

Die anatomischen Verhältnisse der Ganglienzellen des Sympathicus zu einander sind bisher eben so wenig erforscht wie wir das im Gehirn und Rückenmark zu bedauern hatten. Auch hier lassen sich bis jetzt keine Zellenzusammenhänge durch Zellenausläufer nachweisen.

So stossen wir also bei dem Sympathicus auf dieselben Mängel der anatomischen Erforschung, wie wir sie auch im cerebrospinalen Nervensystem angetroffen haben.

Reflex im Sympathicus.

Die Physiologie des Sympathicus stimmt in ihren Grundzügen mit der des cerebrospinalen Systemes überein.

Auch unter seinen Nervenfasern müssen wir motorische und excitomotorische Fasern unterscheiden, wie man in Beziehung auf die Reflexthätigkeitserregung die centripetalleitenden, sensitiven Fasern zu nennen pflegt. Der wesentlichste Unterschied, der zwischen den beiden Systemen existirt, ist die mangelnde Verbindung der motorischen sympathischen Fasern mit den Bewegungscentren des Willens, (alle die von ihnen vermittelten Bewegungen sind unwillkürlich) und dann die geringe Wegsamkeit, welche die sensiblen Bahnen — Nervenfasern — zeigen, mit denen der Sympathicus mit den Empfindungsmittelpuncten des Sensoriums zusammenhängt. Die Reize müssen sehr starke, krankhafte sein, bis einmal die durch sie gesetzte Veränderung in den sensiblen Fasern zum Bewusstsein gelangen kann.

Cl. Bernard gelang es, im Systeme des Sympathicus selbst einen Reflexvorgang aufzufinden. Es ist uns bekannt, dass auf Geschmacksreize der Schleimhaut des Mundes, die Speichelsecretion in gesteigertem Maasse vor sich geht. Man kann sich diesen Vorgang nur veranschaulichen, indem man annimmt, dass von den sensiblen Mundnerven aus ein Bewegungsvorgang reflectirt wird auf die secretorischen Fasern der Speicheldrüsen. Die Submaxillardrüse erhält wie die anderen Speicheldrüsen ihre Nerven aus zwei Quellen: sympathische und cerebrospinale. Die letzteren verlaufen für sie in der Chorda tympani zum Lingualis, das betreffende Stück des letzteren wird Truncus tympanico-lingualis genannt. Von diesem treten die Nerven in das Ganglion submaxillare ein und von da in die Drüse. Mit der Durchschneidung des Truncus tympanico-lingualis ist also die Verbindung der Drüse mit dem Centralnervensystem aufgehoben, trotzdem findet der Reflexvorgang auf Reizung hier auch dann noch statt, zum Beweise, dass derselbe in dem Ganglion submaxillare selbst, dem einzigen noch übrigen nervösen Centralorgane seinen Sitz hat. Man hat also in diesen kleinen Raum den Reflexvorgang localisirt.

Automatische Centren im Sympathicus. Hemmungsnerven.

Ausser diesem Reflexvorgange, an den sicher eine spätere Forschung noch eine Anzahl anderer ähnlicher anreihen wird, finden sich im Sympathicus auch wahre automatische Bewegungscentren.

Wir haben schon die allein vom Sympathicus abhängenden Bewegungen des ausgeschnittenen Herzens erwähnt. Die Forschung unterscheidet zwei solche automatische Centren im Herzen, die in ihrem Thätigkeitserfolge einander entgegengesetzt sind.

Das eine automatische Centrum bewirkt durch seine Erregung die rhythmischen Bewegungen des Herzens.

Das andere wirkt hemmend auf die durch das erste eingeleiteten Bewegungen.

Wir haben hier ein Beispiel der Thätigkeit jener eigenthümlichen Nervengruppe, welche durch ihre Erregung anstatt Thätigkeit der mit ihr verbundenen Organe auszulösen, bestehende Bewegungen in ihnen verlangsamt oder vernichtet: der sogenannten Hemmungsnerven.

Wir lernten als ein derartiges nervöses Organ schon das Reflexhemmungscentrum im Gehirne kennen, wodurch der Wille in cerebrospinalen Nervenbahnen Bewegungen zu unterdrücken vermag. Hier haben wir ein Hemmungsorgan im sympathischen Systeme im Herzen selbst gelegen, auf seiner Thätigkeit beruht die regelmässige Rhythmik der Herzbewegungen, stärkere Reizzustände in ihm können die Herzbewegung sogar vollkommen aufhören machen. Der Vagus besitzt einen Einfluss auf dieses Hemmungscentrum im Herzen, indem seine Erregung die Erregung desselben und damit Verlangsamung und schliesslich völliges Aufhören der Bewegungen des Herzens veranlasst. Der Vagus wird dieser Wirkung wegen als Hemmungsnerve beschrieben (Gebr. Weber).

Ausser dem Vagus und dem Reflexhemmungscentrum ist unter die Hemmungsnerven noch ein Nerve aus dem sympathischen Systeme zu rechnen. Pflüger fand, dass Reizung des Splanchnicus major die peristaltischen vom Sympathicus abhängigen Bewegungen des Darmes aufhebt.

Es ist sehr schwer, sich eine Vorstellung von der Wirkungsart dieser Hemmungsnerven zu machen. Wodurch werden durch dieselbe Nerventhätigkeit, unter der wir in anderen, unzähligen Fällen die Bewegungshemmungen in den ruhenden Organen weggeräumt sehen, — sodass diese Organe in Action treten: der Muskel zuckt, die Drüse absondert —, hier diese Hemmungen der Organthätigkeit vermehrt?

Sicher muss sich auch dieses unlösbar scheinende Räthsel nach einfachen chemisch-physikalischen Gesetzen lösen lassen.

Vielleicht haben wir schon den Schlüssel zu einer Lösung in der Beobachtung der Wirkung der Hippursäure auf die Reflexmechanismen in Händen. Wir sahen dort einen durch peripherische sensible Reizung gesetzten motorischen Erregungszustand unter der Einwirkung des genannten Stoffes, der in das Blut eingesprützt direct mit den Reflexmechanismen in Berührung kam, verschwinden, ohne dass sich dadurch die Fähigkeit zu Reflexen d. h. zu motorischer Thätigkeit in den von dem Stoffe alterirten Organen vermindert zeigte. Wir könnten danach vielleicht an eine chemische Wirkung der Nervenaction, die sich je nach der chemischen Zusammensetzung der Organe in ihrer Wirkung so verschieden zeigt, denken, durch welche ein Stoff erzeugt wird, welcher die Entstehung eines Reizzustandes in den benachbarten Organen verhindert.

Weitere physiologische Wirkungen des Sympathicus.

Wir sahen im cerebrospinalen Systeme die einzelnen Bewegungen der von ihm abhängigen Organe zu für den Organismus zweckmässigen Bewegungsgruppen verbunden, und sahen, dass wir dafür Coordinationscentren voraussetzen müssen, welche besonders leicht durch einen einzigen äusseren Anstoss in Gesammtthätigkeit gerathen können. Solche geordnete Bewegungen zeigen auch die vom Sympathicus versorgten Organe, sodass wir auch in ihm angeborene Coordinationscentren voraussetzen müssen. Eine solche coordinirte Bewegung zeigt, wie wir gesehen, besonders das Herz, dessen einzelne Abschnitte sich in zweckmässiger Reihenfolge zusammenziehen und erschlaffen. Auch die peristaltischen Darmbewegungen sind dafür ein Beispiel, bei denen auch in einer für den Gesammtorganismus, für die Fortbewegung des Darminhaltes zweckmässigen Weise sich die Contractionen über das gesammte Darmrohr hinwegziehen. Auch die Contractionen der übrigen Eingeweide z. B. des schwangeren Uterus bei der Geburt sind hierher zu rechnen.

Das sympathische System steht obwohl wir gesehen haben, dass es die directen Willenseinflüsse ausschliesst, doch in vielseitigem Zusammenhang mit dem cerebrospinalen Systeme.

Die Einwirkung des Vagus auf die Herzbewegung ist dafür ein experimenteller Beweis. Ebenso die Einwirkung der sensiblen Reizung der Mundschleimhaut auf die Submaxillardrüse.

Auch vom sympathischen Systeme aus werden fort und fort cerebrospinalen Nervencentren Erregungszustände zugeleitet. Wir sprachen schon von der Einwirkung der durch den Vagus dem Athemcentrum zugeleiteten Erregung, welche doch sicher im sympathischen Systeme, das die Eingeweide innervirt, ihren Grund hat.

Unter der Einwirkung des Sympathicus steht auch die glatte Musculatur der Blutgefässe. Ihr normaler Contractionszustand, in dem wir sie in normalem Verhalten immer verharren sehen (Tonus) ist von der Einwirkung des Sympathicus abhängig; in ihm laufen Nerven, nach deren Durchschneidung sich die Gefässe durch Erschlaffung ihrer Muskelwände, die nun dem Blutdruck nachgeben, erweitern. Das bekannteste, experimentelle Beispiel für diese Wirkung des Sympathicus ist der Erfolg seiner Durchschneidung am Halse, (Cl. Bernard) auf welche eine Erweiterung der Blutgefässe, mit gesteigerter Wärmeabgabe an den davon betroffenen Stellen auf der ganzen betroffenen Kopfseite erfolgt.

Reizt man dagegen den Sympathicus, so ziehen sich die von der gereizten Stelle versorgten Arterien zusammen. Gleichzeitig zeigen sich dabei natürlich seine Einflüsse auf alle von ihm innervirten Organe. Bezold zeigte, dass Sympathicus-Reizung am Halse den Rhythmus der Herzbewegung beschleunige. Wir sahen, dass gleichzeitig die Speichelabsonderung erregt wird und eine veränderte chemische Richtung erhält, dabei zeigt sich die Pupille erweitert.

Da alle Bewegungen der Eingeweide von dem Sympathicus abhängen, so ist es verständlich, wie die Reizung des Brust- und Bauchtheiles desselben, sowie sein Plexus derartige Bewegungen hervorbringt: Bewegungen des Darmes, der Harn- und Geschlechtsorgane, gleichzeitig mit Beeinflussung der

Arterienmusculatur. Auch die Milz soll sich durch Reizung des Plexus lienalis zusammenziehen und verkleinern.

Ausser den bisher besprochenen Wirkungen werden dem Sympathicus auch trophische, ernährende Einflüsse auf alle Organe zugeschrieben. Man glaubt, dass eine regelmässige Innervation vom sympathischen Nervensysteme aus nothwendig sei, um die Organernährung in richtiger Weise vor sich gehen zu lassen. Man deutet in diesem Sinne die allgemeine Verbreitung der sympathischen Fasern, die sich sogar in die cerebrospinalen Nervencentren zu diesem Zwecke hineinbegeben. Diese Frage ist noch kaum experimentell aufgenommen. Man hat auch den Trigeminus unter die trophischen Nerven gezählt. Er besorgt durch seine normale Innervation die Ernährung des Augapfels. Es ist nicht zu läugnen, dass vornehmlich der Augapfel Ober- und Unterlippe, Kiefer, Nasenschleimhaut etc. nach der Durchschneidung des Trigeminus sich entzünden, eitern und dass das Auge bisweilen zerstört wird. Die Beobachtung zeigt, dass nach der Durchschneidung die Empfindlichkeit der Augapfelumhüllungen verloren geht. Höchst wahrscheinlich ist in diesem Verluste der Sensibilität der Grund jener eintretenden Zerstörungen zu suchen, da sich in Folge derselben das Auge gegen äussere Schädlichkeiten nicht mehr zu schützen vermag. Snellen zeigte, dass der zerstörende Erfolg der Trigeminusdurchschneidung aufhört, wenn vor den Augapfel das Ohr des operirten Thieres (Kaninchen) vorgenäht wurde. Der Augapfel ist dadurch mit einer künstlichen, empfindenden Schutzfläche gedeckt, welche es dem Thiere möglich macht, äussere Schädlichkeiten zu vermeiden.

In gewissem Sinne können auch den motorischen und secretorischen Fasern trophische Einflüsse zugeschrieben werden. Wir wissen ja, dass Nichtgebrauch, also mangelnde Innervation die Organe atrophiren, fettig entarten lässt. Die Durchschneidung der motorischen Fasern hat so stets Ernährungsstörungen in den gelähmten Organen im Gefolge.

Zusammenstellung der Ergebnisse der Sympathicus-Reizung.

I. Kopftheil des Sympathicus.

Bernard entdeckte einen Reflexvorgang im Ganglion submaxillare (G. linguale). Wenn man den Nervus lingualis (Truncus tympanico-lingualis) vor seiner Verbindung mit dem Ganglion durchschneidet, sodass dadurch der Zusammenhang des N. lingualis mit dem Gehirn nicht aber mit dem Ganglion aufgehoben ist, so kann man durch chemische und elektrische Reizung der peripherischen Zweige dieses Nerven noch Speichelabsonderung erregen.

II. Halstheil des Sympathicus.

1. Wirkung des Sympathicus auf die Pupille. Nach nicht zu tiefer Durchschneidung des Grenzstranges beobachtet man, wenn die durch die Durchschneidung die gesetzte Reizung erfolgte Erweiterung vorüber gegangen ist, bleibende Pupillenverengerung. Reizt man den centralen Sympathicusstumpf, so tritt Pupillenerweiterung ein. Die Verengerung der Pupille erfolgt

also durch das Aufhören eines vom Sympathicus ausgeübten Nervenreizes (VALENTIN, BIFFI). BUDGE fand, dass auf Reizung die Erweiterung der Pupille (beim Kaninchen und Hunde) nur vom unteren Halsganglion aufwärts erfolgt und dass die im Grenzstrang aufsteigenden Fasern aus dem Rückenmarke stammen und zwar aus dem Stücke desselben, das zwischen den ersten drei Brustwirbeln eingeschlossen ist: Centrum ciliospinale. Auch auf Durchschneidung des Ganglion Gasseri tritt bleibende Pupillarverengerung in noch höherem Grade als nach Sympathicusdurchschneidung ein.

Reizung des centralen Sympathicusstammes hat auch ein Hervortreten des Augapfels aus der Augenhöhle: Exophthalmus zur Folge.

2. Die Durchschneidung des Sympathicus am Halse erhöht die Temperatur am Kopf und Halse. Es erfolgt dieses durch Lähmung der Gefässmuskeln und dadurch gesteigerten Blutandrang.

3. Reizung des centralen Endes des durchschnittenen Halssympathicusstammes erregt (zähe) Speichelabsonderung in der Glandula submaxillaris und Parotis.

4. Nach Reizung des Sympathicus am Halse erfolgt Verlangsamung des Herzschlages.

III. Brust- und Beckentheil des Sympathicus.

1. Nervi splanchnici. Sie sind überwiegend cerebrospinaler Natur (RÜDINGER). Sie üben *a*) eine hemmende Einwirkung auf die Darmbewegungen, die sie aber nach Anderen (LUDWIG, NASSE) unter Umständen auch anregen können. *b*) Sie erregen rhythmische Arteriencontractionen und steigern dadurch den Druck im arteriellen Blutgefässsystem (BEZOLD). *c*) Man behauptet (BERNARD) dass nach Durchschneidung des Nervus splanchnicus major beim Kaninchen der Harn reichlicher aus den Ureteren abfliesse; Reizung des peripherischen Endes vermindere den Harnabfluss. *d*) GRÄFE und ECKHARD behaupten, dass nach Splanchnicusdurchschneidung Zucker im Harne auftrete.

2. Ganglien des Grenzstranges. Nach BERNARD sollen die Fasern, welche im Halstheile des Sympathicus verlaufend die Gefässweite und Temperaturabgabe am Halse und Kopf reguliren (cf. oben) wahrscheinlich vom zweiten Ganglion des Bruststranges abstammen. Für die vorderen Extremitäten sollen die Fasern mit der gleichen Function aus dem ersten Brustganglion stammen. Wahrscheinlich haben die übrigen Ganglien in der Brust eine ähnliche Aufgabe für Brust und Rücken. Die Regulirung der Temperaturabgabe und der Gefässweite der unteren Extremitäten (BERNARD) erfolgt durch Wirkung der Ganglien, welche mit dem Lumbosacralgeflecht in Verbindung stehen.

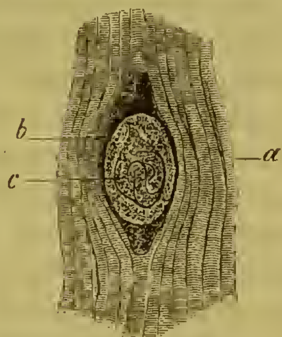
3. Ueber die Wirkung des Ganglion coeliacum steht noch Nichts sicher fest.

Anhang.

Das Mikroskop.

Zu den wichtigsten Instrumenten der physiologischen und ärztlichen Technik gehört das Mikroskop, ohne welches ein Einblick in den physiologischen Bau der Organe ebenso wenig wie die sichere Diagnose einer Ueberzahl von krankhaften Veränderungen des Körpers möglich ist. Es bedarf nur einer Erinnerung an die Leiden des uropoëtischen Systemes, um die letztere Behauptung zu rechtfertigen; wie wichtig ist das Mikroskop für die Entdeckung der gefürchteten Trichinen im Schweinefleisch geworden etc. (Fig. 201.). An dieser Stelle kann vor allem nur auf den wesentlichen Bau des Mikroskopes eingegangen werden. Wir schliessen uns dabei der vortrefflichen Darstellung Frey's an, auf dessen Werk: »das Mikroskop und die mikroskopische Technik« wir für eingehendere Belehrung verweisen müssen.

Fig. 201. (*F.*)



Eingekapselte Trichine beim Menschen. *a* Muskelfäden; *b* Kapsel; *c* Wurm.

Wir müssen uns für das Verständniss der Einrichtung des Mikroskopes an die Auseinandersetzungen erinnern, die im Capitel 27. über die Wirkung der optischen Glaslinsen gemacht wurden.

Das Mikroskop besteht im Wesentlichen aus zwei Vorrichtungen, welche das Licht collectiv brechen. Es sind also vor allem z w e i Sammellinsen am Mikroskope zu beobachten, von denen die eine O b j e c t i v genannt wird; sie ist dem Gegenstande, der vergrössert gesehen werden soll, direct zugewendet. Das Objectiv ist an dem Ende eines innen geschwärzten Rohres angebracht. Bringen wir das Objectiv in die richtige Entfernung von dem zu betrachtenden Objecte, so entsteht in der Röhre des Mikroskopes ein verkehrtes physisches Bild desselben. Auf die obere Oeffnung des Rohres ist nun eine zweite vergrössernde Linse aufgesetzt, durch welche man d a s B i l d i m R o h r e wie mit einer Lupe betrachtet. Diese zweite optische Vorrichtung trägt den Namen: O c u l a r. Das Ocular muss zu dem Bilde so gestellt werden, dass die von einem Puncte des Objectes ausgehenden Strahlenbüschel durch dasselbe wieder divergent gemacht werden, so dass sie von einem normalen Auge auf der Netzhaut vereinigt werden können; das Ocular macht mit anderen Worten das physische Bild zu einem virtuellen Bilde.

Das Objectiv ist in den neueren Mikroskopen keine einfache Glaslinse von kurzer Brennweite mehr, stets besteht es aus einem Systeme von zwei oder drei Linsen der Art, die möglichst achromatisch sein müssen. Auch das Ocular besteht aus einer Combination von zwei Linsen.

Die Grösse eines Gegenstandes, wie derselbe unserem Auge erscheint, wird, wie wir wissen, bestimmt durch die Grösse des Sehwinkels, des Winkels, der dadurch entsteht, dass man den correspondirenden Endpunct des Objectes und des auf der Netzhaut entworfenen (verkehrten) Bildes mit einander vereinigt. Mit anderen Worten: je grösser das Netzhautbild wird, desto grösser erscheinen uns die gesehenen Gegenstände. Es ist einleuchtend, dass im Auge, wie bei allen optischen Sammelapparaten, die Grösse des Bildes (der Sehwinkel) mit der Entfernung des Objectes von der brechenden Vorrichtung, von dem Auge abnimmt. Umgekehrt wird die Grösse des Netzhautbildes, also auch der Sehwinkel, der ein einfacher Ausdruck dafür ist, ansteigen mit der ansteigenden Annäherung des Objectes an das Auge. Diese Annäherung an das Auge gelingt aber nicht bis über eine bei Weitsichtigen ferner, bei Kurzsichtigen näher am Auge gelegene Grenze, über die herein die Accommodation ein deutliches Sehen nicht mehr gestattet: die Strahlen des Objectes werden, trotzdem dass durch die Accommodation das Auge stärker brechend gemacht wird, nun doch erst hinter der Netzhaut vereinigt, so dass diese nur von Zerstreuungskreisen getroffen wird.

Wir wissen, dass die Wirkung der Accommodation dieselbe ist, als hätte man den brechenden Sammelapparaten des für die Entfernung eingestellten Auges eine Convexlinse vorgesetzt. Diese Convexlinse kann selbstverständlich auch stärker gewählt werden, als sie der Wirkung der normalen Accommodation entsprechen würde. Bringen wir, ohne zu accommodiren, zwischen das Auge und das betrachtete Object eine Convexlinse von grosser Stärke, so können wir nun nach dem Gesagten den Gegenstand dem Auge über die Accommodationsgrenze herein nähern, es werden dadurch an sich sehr kleine Gegenstände nun noch sichtbar werden, deren Netzhautbild vor der weiteren künstlich ermöglichten Annäherung an das Auge eine zu geringe Ausdehnung hatte, um noch deutlich zu sein.

Man macht aber bei der Anwendung solcher Sammellinsen = Lupen noch die weitere Beobachtung, dass die mit ihrer Hülfe gewonnenen Bilder den gesehenen Gegenstand vergrössert erscheinen lassen. Der Grund liegt darin, dass die von dem sehr nahen Gegenstande das Auge sehr divergirend treffenden Strahlen durch die Sammellinse weniger divergent gemacht werden, so dass das Auge die Empfindung hat, als kämen die Strahlen von einem entfernteren Puncte, als sie es wirklich thuen. Die Schätzung der Grösse eines Gegenstandes erfolgt nun nicht allein aus der Grösse des Netzhautbildes, sondern auch gleichzeitig aus der Taxirung der Entfernung, welche der gesehene Gegenstand von unserem Auge hat; je weiter die Gegenstände entfernt sind, desto kleiner, wissen wir, erscheinen sie, desto weniger divergiren die von ihnen ausgehenden Lichtstrahlen. Dass wir die vergrösserten Gegenstände unter der Lupe für entfernter halten als sie wirklich sind, geht schon aus dem bekannten Experiment hervor, dass wir mit einer Nadel stets unterhalb eines Papierblattes, das wir mit einer Linse betrachten, hingleiten, wenn wir ver-

suchen, das Blatt mit einer Nadelspitze während der optischen Beobachtung desselben zu berühren.

Wir haben oben schon gesehen, wenn wir einen Gegenstand unter eine derartige Lupe bringen, die aber unten an eine Röhre angebracht ist, dass dann von dem besichtigten Objecte ein Bild innerhalb der Röhre entworfen wird: und zwar ist das Bild vergrössert und umgekehrt. Um das Bild in der Röhre zu entwerfen, muss der betrachtete Gegenstand sich etwas ausserhalb des Brennpunctes der Linse befinden. Wir können dieses reelle Bild, indem wir eine matte Glastafel in das Rohr einschieben, direct sichtbar machen, auch photographiren (Gerlach). Im zusammengesetzten Mikroskope wird dieses Luftbild noch einmal durch eine Sammellinse (Ocular) vergrössert, wir erblicken also mit dem zusammengesetzten Mikroskope nicht wie mit der einfachen Lupe den Gegenstand selbst, sondern nur dieses sein vergrössertes Luftbild.

Fig. 202. (*F.*)

Das zusammengesetzte Mikroskop in vereinfachter Gestalt.

Die beistehende Figur 202 zeigt uns den Gang der Lichtstrahlen für die einfache Form, in welcher wir das zusammengesetzte Mikroskop bisher betrachteten.

Die Strahlenkegel, welche von dem Objecte (Pfeil) *d b a c e* ausgehen, werden durch die Objectivlinse *L* zu dem vergrösserten, verkehrten Bilde $e^*c^*a^*b^*d^*$ vereinigt. Die von diesem Bilde ausgehenden, nach ihrer Vereinigung wieder divergirenden Strahlen werden, so weit sie von der Ocularlinse *O* übersehen werden, — soweit sie die letztere Linse erreichen — $c^*a^*b^*$ —, von dieser gebrochen und gelangen unter schwacher Divergenz zum Auge des Beobachters. Wir können also bei irgend grösseren Gegenständen mit dem zusammengesetzten Mikroskope nicht das ganze Bild auf einmal überblicken. Nur wenn das Object der Beobachtung wenigstens so klein ist, wie der in der Figur unten angegebene Pfeil *b c*, werden die Strahlenkegel noch alle in den von dem Ocular überblickten Bereich $c^*o^*b^*$ hereinfallen, das Bild also in seiner ganzen Ausdehnung sichtbar werden. Die punctirten Linien, welche zu c^{**} und b^{**} führen, die Verlängerungen der durch das Ocular gebrochenen Strahlen, deuten den Ort und die scheinbare Grösse an, in welchen wir das beobachtete Object zu sehen glauben. Da die verschiedenen Object-

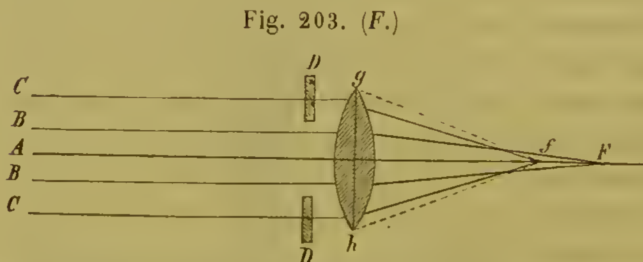
puncte, welche ihre Strahlenkegel durch die Linsen des Mikroskopes senden, von dem optischen Mittelpuncte verschieden weit entfernt sind, so wird nach den uns bekannten optischen Regeln ihr Bild entsprechend verschieden weit hinter der Linse entstehen, es wird sich also, wie die Figur darstellt, das vergrösserte Bild zugleich gekrümmt zeigen müssen.

Diese Krümmung des Bildes ist selbstverständlich für die mikroskopische Erkennung der wahren Gestalt etc. der Objecte sehr hinderlich. (Man hat sie durch Einschieben einer zweiten, mit der Ocularlinse gewöhnlich zu einem Systeme verbundenen Sammellinse corrigiren gelernt, welche zugleich die Helligkeit des Bildes steigert, und es erlaubt, ein weit grösseres Object noch vollkommen zu überblicken, als das ohne sie möglich sein würde.

Noch sind zwei optische Eigenthümlichkeiten zu erwähnen, welche die Brauchbarkeit der Mikroskope sehr stören, wenn die aus ihnen entspringenden Mängel nicht eine Correction erfahren, es sind diese die sphärische und die chromatische Aberration.

Da, wie wir schon bei dem Auge gesehen haben, nur jene Strahlen, welche auf eine sphärisch gekrümmte Linse sehr nahe dem Centrum einfallen (die Centralstrahlen), wirklich hinter der Linse zu einem Bilde vereinigt werden, so kann selbstverständlich nur der mittlere Abschnitt der Linsen bei den Mikroskopen zur Verwendung kommen. Die näher dem Linsenrande einfallenden Randstrahlen erfahren eine stärkere Brechung und werden daher zum grossen Schaden der Deutlichkeit des Bildes vor den Centralstrahlen schon vereinigt. Das Bild der Centralstrahlen wird dadurch von einem diffusen Lichthof umgeben, welcher durch die, nach ihrer zu frühen Vereinigung wieder divergirenden Randstrahlen, erzeugt wird. Um diese sphärische Aberration in ihren Wirkungen zu eliminiren, pflegt man durch ein vor die Linse gesetztes Diaphragma (Blendung), die Randstrahlen geradezu von der Linse abzuhalten (so wirkt auch die Iris des Auges). Es ist selbstverständlich, dass dadurch das Bild zwar deutlich wird, aber nicht unbedeutend an Lichtintensität verliert, da ja der grösste Theil der von dem Objecte ausgehenden Strahlen von der Erzeugung des Bildes ausgeschlossen ist. Man benennt den Winkel, welchen zwei von den Endpuncten eines Linsendurchmessers zum Brennpunct gezogene Linien mit einander bilden, als Oeffnungswinkel der Linse. Nach dem Gesagten kommen nur dann, wenn der Oeffnungswinkel sehr klein ist, alle concentrischen Strahlen in einem Puncte hinter der Linse wieder zur Vereinigung. In der beistehenden erläuternden Abbildung 203 ist *F* der Brennpunct (Focus) der Linse *g h*. Der Winkel *g F h* ist der Oeffnungswinkel. *A F* ist die Axe der Linse und die Centralstrahlen *B* gelangen in *F*, die Randstrahlen *C* dagegen schon in *f* zur Vereinigung. Durch die Blendung *D* werden die Randstrahlen von der Linse abgehalten.

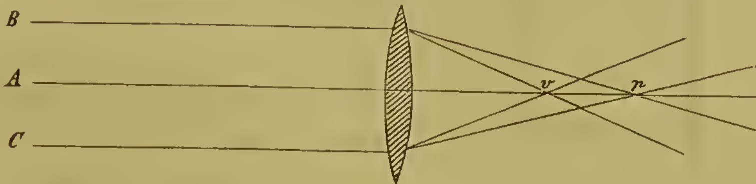
Fig. 203. (*F.*)



Sphärische Aberration.

Die chromatische Aberration hat ihren Grund bekanntlich darin, dass das weisse von einem Gegenstand ausstrahlende Licht nicht einfach ist, sondern sich als eine Mischung aus den Spectralfarben erweist, deren Summeneffect auf das Auge sich als weisses Licht darstellt. Jeder der verschiedenen Farbenstrahlen erleidet nun eine verschiedene Brechung bei dem Durchtritt durch eine Sammellinse, die farbigen Strahlen kommen also an verschiedenen Puncten zur Vereinigung. Am stärksten werden die violetten (v), am schwächsten die rothen (r) Strahlen gebrochen (Fig. 204.). Es entsteht also

Fig. 204. (*F.*)



Chromatische Aberration.

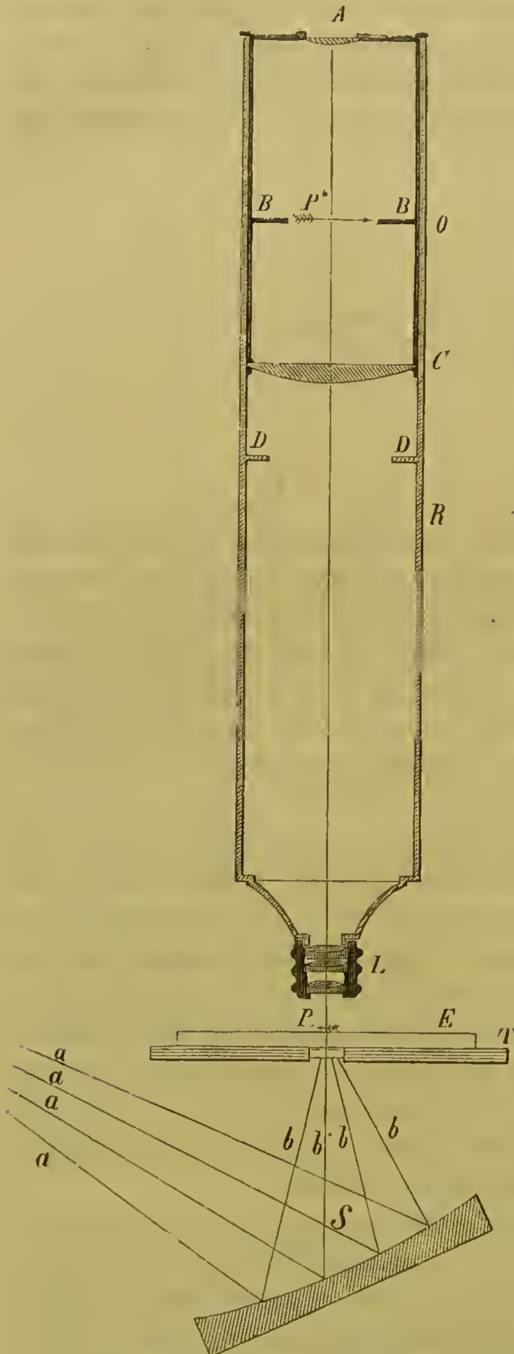
von einem leuchtenden Puncte, der weisses Licht aussendet, auf einem auffangenden Schirme ein farbiges Bild, bei welchem vor und an der Vereinigungsstelle der violetten Strahlen ein violetter Kern von rothem Ringe umgeben ist, während weiter von der Linse entfernt ein violetter Ring einen rothen Kern umkreist, wie sich direct aus der Abbildung ergibt. Dadurch verliert natürlich die Deutlichkeit des Bildes beträchtlich, schlechte (ältere) Mikroskope zeigen ihre lichtschwachen Bilder meist mit sehr störenden Farbensäumen umgeben.

Es ist durch Combination zweier Linsen von verschiedener Gestalt und Brechung zu einer einzigen Linse eine sehr vollkommene Achromasie zu erzeugen. Bei diesen achromatischen Linsen, wie sie jetzt zu Mikroskopen allein angewendet werden, ist auf künstlichem Wege die Vereinigung der verschieden gefärbten Strahlen in demselben Puncte gelungen. Brechungsvermögen und Farbenzerstreuung gehen nämlich bei verschieden lichtbrechenden Substanzen nicht gleichmässig Hand in Hand. Bei gleichem Brechungsvermögen zerstreut das eine die Farben mehr als das andere. So zeigt das bleihaltige Flintglas eine viel stärkere Farbenzerstreuung als das Crownglas, obwohl beide ziemlich gleiches Brechungsvermögen haben.

Zu einer achromatischen Linse kittet man nun mit dem vollkommen durchsichtigen Canadabalsam eine biconvexe Crownglaslinse und eine plan-concave Flintglaslinse aneinander. Die entgegengesetzt gekrümmte Flintglaslinse ist so schwach gewählt, dass sie die Wirkung der sammelnden Crownglaslinse nur etwas schwächt, ohne sie aufzuheben. Da die Flintglaslinse aber ein stärkeres Farbenzerstreuungsvermögen hat als die Crownglaslinse, so kann bei passender Wahl der Form der ersteren durch die entgegengesetzte Farbenzerstreuung beider Linsen ein vollkommenes Zusammenfallen der violetten und rothen Lichtstrahlen erzielt werden; das mit der combinirten Linse gewonnene Bild wird also entweder farblos oder in seiner eigenen Farbe erscheinen.

Linsen, bei denen die sphärische und die chromatische Aberration beseitigt sind, werden aplanatische Linsen genannt. Es ist aber von selbst einleuchtend, dass eine wirklich vollkommene Beseitigung der Fehler der Linsen niemals eintreten wird. Man nennt Linsen überverbessert, bei welchen das Flintglas etwas überwiegt, das Bild hat einen mehr weniger leichten, angenehmen bläulichen Schimmer. Unterverbesserte Linsen zeigen dagegen einen röthlichen Farbensaum.

Fig. 205. (*F.*)



R Mikroskopröhre; *D* und *B* Blendungen; *O*, das in *R* eingeschobene Ocular mit der planconvexen Ocularlinse *A* und der Collectivlinse *C*; *L* das Objectiv; *T* der Objecttisch; *E* das Objectglas mit dem Objecte *P*; *P** das Luftbild in *R*; *S* der Spiegel mit den Strahlen *a* und *b*.

Betrachten wir uns nun die jetzt gebräuchliche Einrichtung der Mikroskope näher. (Fig. 205. und 206.).

Das Objectiv *L* ist durch eine einfache Schraube unten an einer innen matt geschwärzten Metallröhre *R* befestigt. Diese Metallröhre ist entweder aus einem Stücke verfertigt oder aus zwei in einander verschiebbaren Theilen, wie bei einem Fernrohr. Mit der Verlängerung der Röhre wächst die optische Vergrösserung. Oben wird in die Mikroskopröhre das Ocular *O* eingesetzt, es besteht vor allem aus den schon beschriebenen zwei Linsen *A* und *C*, welche sich bei wachsender Ocularvergrösserung immer mehr nähern müssen; die am schwächsten vergrössernden Oculare sind also die längsten (an beiden Enden des Oculars sind die Linsen befestigt), die stärksten die kürzesten.

Zum Tragen des mit dem Mikroskope zu betrachtenden Objectes dient ein metallener Tisch: Objecttisch *T*, mit welchem das eigentliche Mikroskop zwar verschiebbar, aber fest verbunden ist.

Der Objecttisch besteht im Allgemeinen aus einem festen Metallfuss, meist auf einem Hufeisen aufruhend, welcher die eigentliche Tischplatte trägt. Mit dieser letzteren ist auf einem cylindrischen Postamente eine Metallhülse senkrecht über der Mitte des Tisches stehend verbunden. In diese Metallhülse wird die Mikroskopröhre eingesteckt. Bei der Mehrzahl der Mikroskope ist diese Metallhülse oben geschlitzt und federnd,

sodass die Mikroskopröhre zwar leicht in ihr verschoben werden kann, aber auch sicher an der Stelle stehen bleibt, an welche man sie mit der Hand eingestellt hat. Zur mikroskopischen Betrachtung ist eine richtige Annäherung des Mikroskopes (Objectives) an das Object Haupterforderniss. Je stärker die Objective sind, desto mehr hat man dieselben dem Objecte zu nähern, desto geringer ist, wie man zu sagen pflegt, der Objectivabstand. Bei der genannten Einrichtung der Mikroskope geschieht nun die vorläufige Annäherung — die grobe Einstellung — der Mikroskopröhre durch Verschieben desselben mit der Hand, worin man bei einiger Uebung eine grosse Feinheit und Sicherheit erlangt. Bei theueren Instrumenten neuer Construction ist meist die Mikroskopröhre aus einem Stücke und auch mit der beschriebenen Metallhülse definitiv verbunden. Die grobe Einstellung erfolgt hier mittelst einer grossen an der Metallhülse angebrachten Schraube.

Um feinere Structurverhältnisse der Objecte zu erkennen, bedarf es einer sehr feinen Abstufung der Entfernung des Objectives von dem Objecte. Für diese feine Einstellung ist die Bewegung mit der Hand oder mit einem gröberen Trieb nicht ausreichend. Dazu ist an allen Mikroskopen eine feine Mikrometerschraube angebracht, welche unter und hinten an dem Objecttische hervorkommt und entweder ein Auf- und Abwärtsstellen der Objecttischplatte und damit des Objectes, oder ein geringes Auf- und Abrücken der Mikroskopröhre erlaubt. Letzteres geschieht meist dadurch, dass das cylindrische Metallpostament, an welchem mit einem Arme die Metallhülse zur Aufnahme der Mikroskopröhre angebracht ist, aus zwei Röhren besteht. Die äussere Röhre kann mittelst einer in der Höhlung der inneren Röhre gelegene Spiralfeder, welche durch die Mikrometerschraube an- und abgespannt werden kann, sehr fein bewegt werden.

Sehr wichtig ist nun noch die richtige Beleuchtung des zu betrachtenden Objectes.

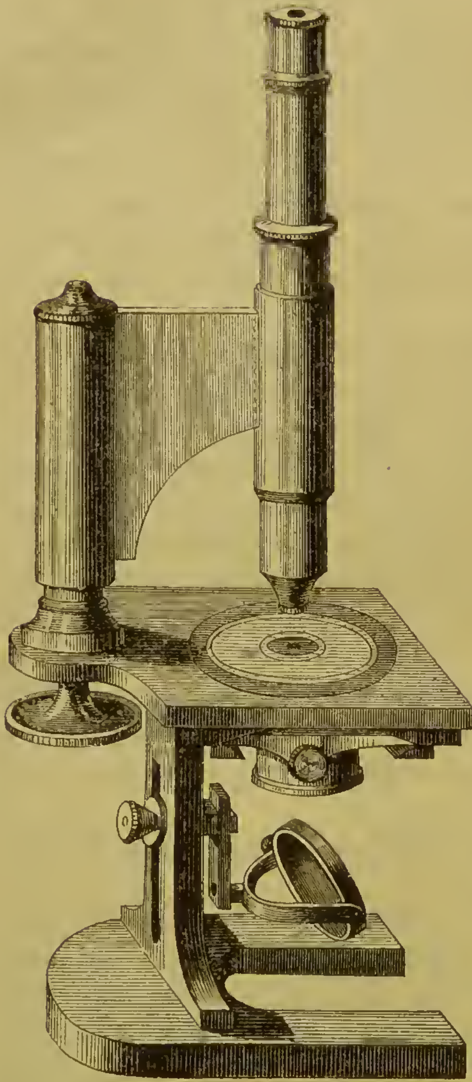
Nur in seltenen Fällen werden Objecte in dem gewöhnlichen auffallenden Lichte betrachtet. Es geschieht das nur bei grösseren, undurchsichtigen Objecten und schwacher Vergrösserung. Um bei auffallendem Lichte eine grössere Beleuchtungsstärke erlangen zu können, ist jedem Mikroskope eine grosse Sammellinse mit grossem Focus in Fassung beigegeben, entweder auf einem eigenen Postamente oder häufiger mittelst eines Metallringes an der Mikroskopröhre verstellbar befestigt, mittelst welcher man das Licht auf das Object concentriren kann.

Fast immer und stets bei stärkeren Vergrösserungen geschieht die Beleuchtung mittelst des durchfallenden Lichtes. Zu diesem Zwecke ist die Objecttischplatte in der Mitte mit einer grösseren Oeffnung durchbohrt. Ein unter dem Tische angebrachter beweglicher Spiegel *S* fängt das Licht auf und wirft es durch die Oeffnung des Tisches dem Objecte *P*, das über der Oeffnung auf einem Glase *E* ausgebreitet liegt, zu.

Grössere Mikroskope lassen den Spiegel sehr fein verstellen, nicht nur um eine horizontale Axe, sondern auch in schiefer Richtung. Die sorgfältige Beleuchtung ist eines der wesentlichsten Hülfsmittel einer scharfen Beobachtung. Dazu muss das Licht mannigfach abgestuft werden können. Diese Abstufung ist oft schon mittelst des Spiegels selbst möglich. Auf der einen Seite

ist derselbe concav, auf der andern eben; es leuchtet ein, dass man mit letzterem eine schwächere Beleuchtung erlangen wird als mit ersterem; der ebene Spiegel kommt also vor allem bei schwächeren Vergrösserungen zur Verwendung.

Fig. 206. (*F.*)



Grosses Hufeisen-Mikroskop von OBERHÄUSER und HARTNACK.

Ausserdem kann auch noch die Oeffnung des Objecttisches mittelst Diaphragmen oder Blendungen zweckentsprechend vergrössert oder verkleinert werden. Entweder werden zu diesem Zwecke cylindrische Röhren verwendet, die oben mit einer kreisförmigen, mit einem grösseren oder kleineren Loche durchbohrten Scheibe versehen sind, welche die Oeffnung des Objecttisches genau verschliesst: Cylinder-Blendung. Je grösser die Oeffnung des Blendecylinders, desto stärker wird das Licht sein. Gewöhnlicher findet sich aber unter dem Objecttische eine Drehscheibe mit verschieden grossen Oeffnungen angebracht. Die grösste Oeffnung entspricht der Oeffnung des Objecttisches. Indem man nun immer kleinere Oeffnungen der Drehscheibe unter die Objecttischöffnung bringt, kann man letztere mehr weniger verkleinern.

Nach diesen Vorbesprechungen wird nun die Beobachtungsmethode mit dem Mikroskope selbst verständlich sein.

Wir beginnen mit dem einfachsten Falle. Der Arzt kommt sehr häufig dazu, die Sedimente des Harnes, Schleim, Eiter etc. (Fig. 207.) untersuchen zu müssen. Man hat z. B. beim Harne in einem Glase durch längeres Stehen die Sedimente sich absetzen lassen. Die überstehende, meist klarere Flüssigkeit wird abgegossen, von dem Bodensatz mit einem Glasstäbchen ein Tropfen auf ein helles, weisses Glas von einiger Dicke, nicht zu klein: Objectglas gebracht. Man hat das Glas vorher auf das Sorgfältigste zuerst mit Wasser gereinigt, dann mit einem weichen, nicht fasernden Tuche unter Anhauchen glänzend und vollkommen trocken gerieben.

Auf den Tropfen legt man eines der kleinen, viereckigen, äusserst feinen Gläschen: Deckgläschen, wie sie jedem Mikroskope beigegeben sind. Bei schwachen Vergrösserungen können dickere, bei den stärksten müssen, schon

des geringen Objectivabstandes wegen, die dünnsten Deckgläschen zur Verwendung kommen. Je stärker das Deckgläschen, desto grösser wird auch die eigene optische Wirkung desselben, welche einen ähnlichen Effect wie die sphärische Aberration hervorbringt. Vor der Benutzung muss das Deckgläschen natürlich ebenfalls auf das Sorgfältigste gereinigt werden. Am besten dient dazu ein altes, feines, leinenes Taschentuch, das man über die Spitzen der Finger der linken Hand legt und zwischen dem Daumen und den übrigen Fingern in eine Falte eindrückt. Das Deckgläschen, das man zuerst mit reinem Wasser benetzt hat, fasst man nun an zwei Ecken zwischen Daumen und Zeigefinger der rechten Hand und trocknet dasselbe, es in der Falte des Tuches leicht hin und her schiebend, ohne dass die Finger der linken Hand, die sich mit dem Tuche leicht an das Gläschen anlegen, weiter mithelfen.

Fig. 207. (*F.*)



Saurer Eiter aus einem alten Abscess des Oberschenkels.

Das Mikroskop hat man schon vorher aus seinem Behälter herausgenommen und auf seine Reinheit geprüft. Das Messingwerk muss von Zeit zu Zeit mit einem feinen Tuche abgerieben, die optischen Gläser und der Spiegel mit einem feinen Pinsel vom Staub gereinigt werden. Wer viel mikroskopirt, wird das Mikroskop nicht immer wieder in den Behälter legen, sondern es zusammen gestellt unter einer Glasglocke auf dem Arbeitstische stehen lassen.

Zuerst fragt es sich, welche Vergrösserung man zur Beobachtung verwenden will. Meist wird es zweckmässig sein, zuerst mit schwachen Vergrösserungen die Beobachtung zu beginnen, um sich zu orientiren und dann erst zu stärkeren fortzuschreiten. Bei Beobachtung der Sedimente, Sputa etc., darf man jedoch sogleich die stärkeren Objective anwenden, da die schwächeren hier niemals ausreichen.

Die Objective sind meist mit Zahlen, welche mit der Stärke der Vergrösserung steigen: 4, 7, 9 etc. bezeichnet. Der Werth dieser Vergrösserungen ist jedem Mikroskope in einer Tabelle beigegeben. Die englischen Optiker und die berühmte Firma M e r z in München, deren billige Instrumente dem Arzte b e s o n d e r s zu empfehlen sind, reden dagegen von $^1/_4$-, $^1/_8$-, $^1/_{12}$-, $^1/_{25}$zölligen Linsencombinationen, indem sie die Vergrösserung ihrer Systeme derjenigen einer einfachen Linse mit $^1/_4$, $^1/_8$, $^1/_{12}$, $^1/_{25}$ Zoll Brennweite gleichsetzen.

Aus der optischen Darstellung der Einrichtung des Mikroskopes ergibt sich sogleich, dass man, um eine starke Vergrösserung zu erzielen, nicht etwa ein schwaches Objectiv mit einem sehr starken Ocular versehen darf. Das Ocular vergrössert nur das mit dem Objective erzielte Bild mit allen seinen Fehlern, es macht es grösser aber nicht deutlicher, es zeigt keine neuen Einzelheiten; bei ganz starken Ocularen leidet dann die Deutlichkeit direct. Um feinere Details zu erkennen, bedarf es also stets einer steigenden Objectiv-

stärke; je schwächer das verwendete Ocular ist, desto schärfer ist das Bild, doch dient eine etwas stärkere Ocularvergrösserung, indem sie die Einzelheiten des Bildes weiter auseinanderrückt, immerhin zur leichteren Ueberblickung des Bildes.

Das Wesentlichste nach der Feststellung der anzuwendenden Vergrösserung ist nun die Auffindung und Moderation des Lichtes.

Man hat das gewählte Objectiv an die aus der federnden Hülse genommene, wenn zusammenschiebbar ganz ausgezogene Mikroskopröhre angeschraubt, das Ocular eingesetzt. Man hält sie in der linken Hand, den Zeigefinger auf den Rand des Oculars legend, sodass dieses nicht herausfallen kann. Das leere Stativ stellt man dem Fenster entgegen, blickt durch die federnde Metallhülse und die Objecttischöffnung auf den Spiegel und dreht denselben nun so, dass er Licht durch die Objecttischplatte in das Auge wirft. Man richtet ihn am besten auf eine weisse, beleuchtete Wolke, eine weisse beleuchtete Wand, nur wenn überhaupt sonst kein genügendes Licht zu erhalten ist, gegen den blauen Himmel. Nun setzt man die Mikroskopröhre, ohne das Stativ mehr zu verrücken, in die federnde Hülse ein.

Bei Mikroskopen, bei welchen die Mikroskopröhre mit dem Stativ definitiv verbunden ist, sieht man während des Lichtsuchens durch das Mikroskop selbst, das Gesichtsfeld wird hell, so wie das Licht gefunden ist. Nun setzt man die passende Cylinderblendung ein. Bei Drehscheibenblendung moderirt man das Licht erst nach Auflegung und erster mikroskopischer Auffindung des Präparates in gewünschter Weise. Man muss sich hüten zuviel Licht zu haben, wodurch alles grell und undeutlich wird; feinere Einzelheiten treten oft erst bei richtiger Lichtschwächung hervor Dabei blendet und ermüdet das grelle Licht das Auge zu bald.

Das mit dem Deckgläschen bedeckte Object auf dem Objectglase wird nun auf den Objecttisch, über seine Oeffnung gelegt, sodass es möglichst direct unter der Objectivlinse liegt. Nun bringt man das eine Auge (man benutzt am besten bei längerem Mikroskopiren beide abwechselnd, ohne zu accommodiren und ohne das andere zu schliessen) sehr nahe an die obere freie Linse des Oculars und blickt in das Mikroskop hinein. Das Schliessen des nicht hineinblickenden Auges ist nicht nöthig, da man sich sehr bald gewöhnt, seine Aufmerksamkeit nur auf die Bilder des beobachtenden Auges zu richten, so dass die Gesichtseindrücke des nicht beobachtenden Auges gar nicht mehr wahrgenommen werden.

Die Mikroskopröhre und also das Objectiv ist noch weit von dem Objecte entfernt. Unter beständigem Hineinblicken in das Mikroskop schiebt man nun unter beständigem leichten Drehen die Mikroskopröhre in der federnden Hülse herab oder schraubt sie herab, wo ein Trieb für grobe Einstellung angebracht ist. Hat man sich dem Objecte nun genügend genähert, so zeigt sich zuerst ein feiner Schatten in dem vorher ganz hellen Gesichtsfelde. Nun muss mit äusserster Vorsicht das Objectiv noch etwas genähert werden, nun blitzt das Object deutlich auf. Zur feineren Einstellung und genaueren Beobachtung greift man nun zur Mikrometerschraube, die man in sehr kleinen Grenzen hin und her bewegt. Man hat stets bei der Beobachtung die Mikrometerschraube in der einen Hand und verschiebt mit der anderen das Object auf dem Object-

tische, um es nach und nach ganz zu überblicken und in allen seinen Einzelheiten zu studiren. Bei feinen Beobachtungen sucht man durch ausprobirte Schiefstellung des Spiegels, wo diese möglich ist, noch grössere Deutlichkeit des Bildes zu erzielen. —

Es ist schon angegeben, dass bei schwächeren Vergrösserungen der Objectivabstand bei richtiger Einstellung weit grösser ist als bei starken, so dass bei letzteren das Mikroskop den Objecten weit näher gebracht werden muss als bei ersteren. Stärkere Vergrösserungen erfordern auch mehr Licht als schwächere.

Ueber die Herstellung der mikroskopischen Präparate aus Geweben, über Anwendung von Reagentien, über Grössenmessungen lässt sich wenig Allgemeines sagen.

Die mikroskopischen Grössenmessungen werden am häufigsten mittelst des in dem Ocular angebrachten Glasmikrometers gemacht. Meist bedient man sich jetzt als Maasseinheit des Millimeters.

Ein Millimeter ist	= 0,4433	Pariser Linie.
	0,4724	Englische Duodecimallinie.
	0,4587	Rheinische Linie.
Eine Pariser Linie ist	= 2,2558	Millimeter.
Eine englische Linie ist	= 2,1166	»
Eine rhein. Linie ist	= 2,1802	»

Zur Untersuchung frischer Präparate, Muskeln, Drüsen etc. fertigt man zuerst mittelst einer feinen Augenscheere oder meist noch besser mit einem scharf schneidenden, stark mit Wasser befeuchteten Rasirmesser feine Schnitte an. Letztere können, wenn sie fein genug sind, direct unter dem Mikroskope besehen werden, und dienen vor allem zu Uebersichtspräparaten bei schwächerer Vergrösserung. Aber auch bei stärkeren Vergrösserungen wird man derartige Schnitte oft ganz unentbehrlich finden. Gewöhnlich zerzupft man die Präparate, um ihre Einzelheiten zu erkennen, sehr fein. Hier ist vor allem darauf zu achten, dass man eine genügende Zerzupfung erzielt; man darf sich die Zeit und Mühe nicht reuen lassen, welche dazu erforderlich ist. Zwei feine Stahlnadeln in Holzgriffen, wie sie den Mikroskopen beigegeben werden, sind die einzig nöthigen Hülfsmittel. Ausserdem ist noch eine feinere Pincette, gröbere Schere, feines Messerchen erforderlich. Je zarter man das Zerzupfen gemacht hat, desto deutlicher werden alle Einzelheiten.

Als Zusatzflüssigkeit zu den Präparaten — man bringt und zerzupft das mikroskopische Präparat auf dem Objectglas in einem Tropfen und bedeckt es dann mit dem Deckgläschen — benützte man bisher vor allem Wasser, Manche sogar destillirtes Wasser. Das Wasser ist jedoch für kein Gewebe eine indifferente Flüssigkeit, alle quellen in ihm sehr stark auf, feine Membranen platzen, Zelleninhalt tritt heraus etc.; noch mehr als bei Brunnenwasser ist diese Veränderung bei destillirtem Wasser zu fürchten, in welchem alle lebenden Gewebe mit der grössten Raschheit absterben. Man hat, um diese endosmotischen Veränderungen zu vermeiden, die namentlich im Blut etc. sehr rasche Veränderungen erzeugen, Salz oder Gummi oder Zucker zum Wasser zugesetzt; besonders ersteres bewirkt nun aber selbst leicht wieder Störungen in entgegengesetztem Sinne. Die im Wasser aufquellenden, sich entfärbenden

und endlich platzenden Blutkörperchen z. B. werden im Salzwasser von nur 0,7% schon leicht sternförmig und zackig.

Als indifferente Flüssigkeiten, die man den Zupf- und Schnittpräparaten zusetzt, verwendet man vielfach Speichel, von dessen Epithelgehalt, Speichelkörperchen und Luftblasen man sich aber nicht täuschen lassen darf, dann Glaskörperflüssigkeit, Fruchtwasser, Blutserum, verdünntes Hühnereiweiss. Nicht immer reicht man aber damit aus, da sich die Gewebe verschiedenen Flüssigkeiten gegenüber verschieden verhalten. Sehr zweckmässig als indifferente Zusatzflüssigkeit ist das von M. Schultze empfohlene »Iodserum«. Es besteht aus dem Amnionwasser der Wiederkäuerembryonen, welchem eine concentrirte Iodtinctur oder eine starke Lösung Iod in Iodwasserstoffsäure zugesetzt wird. Auf 1 Unze kommen unter Umschütteln etwa 6 Tropfen Iodtinctur. Ist die weingelbgefärbte Flüssigkeit nach längerer Zeit vollkommen abgeblasst (nach einigen Stunden tritt eine erstmalige geringe Abblassung ein), so setzt man wieder einige Tropfen Iodtinctur zu. Dadurch, dass man ein Stückchen Kampfer auf die Flüssigkeit bringt, bleibt sie monatelang vor Fäulniss geschützt und brauchbar.

Glycerin hellt die eingelegten Objecte auf, manche verschwinden in ihm fast gänzlich. Es dient zur nachträglichen Aufhellung in Alkohol erhärteter Präparate. Zur Aufhellung des Bindegewebes etc. verwendet man vielfach Essigsäure. Mit einem zugespitzten Glasstabe lässt man an das Deckgläschen ein Essigsäuretröpfchen zufliessen, das sich dann mit der Flüssigkeit unter dem Deckgläschen mischt. Man muss sich vor zu häufiger und starker Anwendung der Essigsäure hüten. Schleim wird durch Essigsäure gefällt, so dass viele Zellen dadurch trüb werden. Um Fette zu erkennen und zu lösen dient ein Zusatz von Aether oder Alkohol, in welchem die Fetttröpfchen verschwinden. In Iodlösung (Zusatz von Iodtinctur) färben sich Eiweissstoffe gelb, Stärkekörnchen blau. In Alkohol längere Zeit eingelegte Gewebsstücke erhärten so weit, dass man sie nun leichter schneiden kann, Glycerin hellt die durch Alkohol entstandenen Trübungen wieder auf.

Dadurch, dass sich zarte thierische Theile mit Farbstoffen imprägniren und zwar die verschiedenen Gewebe verschieden leicht, lassen sich die Präparate sehr schön färben und gewinnen ungemein an Verständlichkeit. Gerlach beschenkte die Mikroskopie mit dieser Färbemethode, welche sehr wesentlich zum Fortschritt der Wissenschaft beigetragen hat.

Die erste dieser Methoden ist die von Gerlach entdeckte Färbung mit carminsaurem Ammoniak. Alle Zellkerngebilde nehmen diesen Farbstoff begierig in sich auf, die übrigen Zellbestandtheile färben sich schwächer und langsamer, fast ganz indifferent verhalten sich die Intercellularsubstanzen. Gerlach benutzte 2—3 Tropfen concentrirter Lösung von carminsaurem Ammoniak auf 1 Unze Wasser, die Schnitte blieben 2—3 Tage in der Färbeflüssigkeit liegen. Frey räth jetzt an: Carmin 3—6 Gran mit der gerade erforderlichen Menge Ammoniak gelöst — möglichst wenig Ueberschuss von Ammoniak — und mit 1 Unze destillirtem Wasser versetzt. Der filtrirten Flüssigkeit wird 1 Unze gutes Glycerin und 2—3 Drachmen starken Weingeistes zugesetzt. Man benutzt die Tinctur entweder unvermischt oder mit

weiterem Glycerinzusatz. Die Schnitte färben sich sehr rasch, in wenig Minuten bis Stunden.

Die von Gerlach neuerdings empfohlene violette Färbung der Nerven durch Goldchloridkalium hat schon S. 769 rühmende Erwähnung gefunden.

Sehr wichtig ist es, dass man sich bei mikroskopischen Beobachtungen nicht durch zufällige Beimischungen zum Präparate täuschen lasse. Luftblasen, Wolle- und Baumwollefäden. Risse und Ritze im Glas, Fetttropfen, Amylumkörner von gestärkter Wäsche etc. muss sich der Anfänger zuerst betrachten, um sie vorkommenden Falles erkennen zu können.

Zusatz zu S. 473 ff.:

Wärmemenge des Organismus und ihr Verbrauch (auch zu Seite 71 und 551).

Seit meinen Berechnungen über den Wärmeverbrauch des Organismus sind mir nun die äusserst bedeutsamen directen Bestimmungen der Verbrennungswärme einiger physiologisch wichtiger Stoffe von Frankland zu Gesicht gekommen. Nach diesen liefert:

	Wärmeeinheiten.
reine Ochsenmuskelfaser	5103
reines Eiweiss	4998
Ochsenfett	9069
Hippursäure	5383
Harnsäure	2615
Harnstoff	2206
Traubenzucker	3277

Sehr schön stimmen die aus diesen Zahlen sich berechnenden Wärmequantitäten des Organismus mit den von mir berechneten überein, so dass Alles a. a. O. über den Wärmeverbrauch Gesagte in Kraft bleibt. Nach den Frankland'schen Zahlen liefert ein hungernder Mensch in 24 Stunden am zweiten Hungertage: 2'012816 W. E.; bei starker Fleischnahrung dagegen: 2'779524 W. E.; bei stickstoffloser Kost nur: 2'0595064 Wärme-Einheiten. Die in 24 Stunden bei Fleischnahrung gelieferte Wärmemenge ist also, wie a. a. O. gesagt, weit bedeutender als die bei stickstofffreier Kost.

Die auf Seite 551 f. berechneten Werthe ändern sich der Natur der Sache nach gar nicht.

Alphabetisches Register.

A.

B.

C.

D.

E.

F.

G.

H.

I.

K.

L.

M.

N.

O.

P.

Q.

R.

S.

T.

U.

V.

W.

X.

Z.

Druck von Breitkopf und Härtel in Leipzig.

